

DISEÑO Y SISTEMATIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA EL
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES DEL LABORATORIO
DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA DE PEREIRA

MARCELA BOTERO ARBELAEZ

Asesor:

Jairo Alberto Mendoza Vargas

Profesor del Departamento de Física

Facultad de Ciencias Básicas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PEREIRA

2009

A Dios por darme la vida y permitirme realizar uno más de mis sueños.

A mis hijos porque serán siempre la fuerza que me impulsa a alcanzar mis metas y a entender que al final todo vale la pena.

A mi familia por su apoyo, paciencia y colaboración a lo largo de este proceso.

Agradecimientos

A Dios por darme la fuerza y la perseverancia necesaria para culminar con éxito este trabajo de grado.

A la Facultad de Ciencias Básicas, por el soporte institucional dado para la realización de esta investigación.

Al profesor Jairo Alberto Mendoza por su valiosa colaboración y asesoría durante el desarrollo de este proyecto.

A mi jefe William Ardila por creer siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional.

Al personal del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas por su colaboración y disposición a la hora de facilitarme toda la información requerida para la elaboración de este trabajo.

A mi familia porque a lo largo de mi vida me han demostrado todo su amor, apoyo y confianza.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Índice general

LIST OF TABLES	5
LIST OF FIGURES	7
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Metrología	13
2.2. Aseguramiento de la Calidad	21
2.2.1. Calidad de las Medidas	22
2.2.2. Ciclo de Aseguramiento de la Medida	24
2.2.3. Implantación del Aseguramiento de la Medida	32
2.2.4. Aseguramiento de la Calidad para un Laboratorio de Metrología	33
2.2.5. Herramientas Estadísticas utilizadas en el Aseguramiento de la Calidad	34
2.2.6. Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad	86
2.2.7. Comparación entre Laboratorios	103
III. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE ASECALMET	134
3.1. La Base de Datos	136
3.1.1. EasyPHP	136
3.1.2. PHP (Hypertext Preprocessor)	138
3.1.3. MySQL	139
3.1.4. phpMyAdmin	141
3.2. El Matlab	142
3.2.1. Guide	142
3.3. El Navegador Mozilla FireFox	144
3.4. EL ASECALMET	146
3.4.1. Instalación del ASECALMET	148
3.4.2. Inicio del ASECALMET	148
3.4.3. Bases de Datos del ASECALMET	150
3.4.4. Procedimientos del ASECALMET	157

IV. VALIDACIÓN DEL ASECALMET	212
4.1. Procedimiento del Seguimiento Estadístico utilizando Cartas de Control X Barra y S	213
4.2. Procedimiento de Repetibilidad y Reproducibilidad	282
4.3. Procedimiento para la Comparación entre Laboratorios	320
V. CONCLUSIONES	382
BIBLIOGRAFIA	385
Apéndice A. — CONSTANTES	388
Apéndice B. — FORMATOS	392

Índice de cuadros

1.	Datos del Ejemplo 1	39
2.	Media y rango para cada muestra del Ejemplo 1	40
3.	Media y desviación estándar para cada muestra del Ejemplo 2	44
4.	Datos del Ejemplo 3	48
5.	x y rango móvil de cada muestra del Ejemplo 3	49
6.	Datos del Ejemplo 4	57
7.	Error e Incertidumbre en porcentaje del Ejemplo 4	58
8.	Datos del Ejemplo 8	67
9.	Datos del Ejemplo 9	68
10.	Datos del Ejemplo 10	70
11.	Datos del Ejemplo 11	72
12.	Datos para el Ejemplo 12	75
13.	Datos para el Ejemplo 13	79
14.	Datos del Ejemplo 14	82
15.	Datos Desestacionalizados	83
16.	Pronósticos para los cuatro trimestres del año 11	85
17.	Datos para el Ejemplo 14	88
18.	Rangos de cada una de las partes del equipo del Ejemplo 14	89
19.	Datos para el Ejemplo 15	93
20.	Rangos de cada una de las partes del Ejemplo 15	94
21.	Tabla para el Anova de dos factores	97
22.	Tabla para del Anova del Ejemplo 16	101
23.	Datos para el Ejemplo 17	109
24.	Datos del error normalizado	117
25.	Datos para el Ejemplo 21	118
26.	Datos del error cuadrático medio de cada laboratorio	118
27.	Datos del Ejemplo 17 con la incertidumbre estándar	120
28.	Grados de equivalencia del Ejemplo 23	125
29.	Grados de equivalencia entre pares de laboratorio del Ejemplo 23	126

30.	Valores para aplicar el criterio de mínimos cuadrados	128
31.	Datos del Ejemplo 25	128
32.	Datos para el análisis de mínimos cuadrados	129
33.	Datos de la recta por mínimos cuadrados	129
34.	Librerías con la Dirección para guardarlas	147
35.	Función del equipo patrón con su respectivo nombre de Tabla	152
36.	Especificaciones de la Función Corriente AC con su correspondiente Campo	153
37.	Función del Equipo Patrón con AC o CD y nombre de la Tabla	154
38.	Especificaciones de la Función Corriente AC con su correspondiente Campo	155
39.	Conjunto de Datos con el respectivo nombre de la Tabla	156
40.	Datos de las Condiciones Ambientales con su correspondiente Campo	157
41.	Funciones que manejan los botones de la ventana de la Figura 79	170
42.	Constantes para Cartas de Control	388
43.	Valores de d_2 para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad	389
44.	Tabla de Distribución t de Student	390
45.	Tabla para el Criterio Q de Dixon	391
46.	Formato para el Seguimiento Estadístico	392
47.	Formato para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad	392
48.	Formato para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad	393

Índice de figuras

1.	Parámetros que Intervienen en la Calidad de una Medida	23
2.	Zonas de clasificación para un producto	28
3.	Carta de control \bar{x} y R	38
4.	Carta de control \bar{x} y R para el Ejemplo 1	41
5.	Carta de control de \bar{x} y s	43
6.	Carta de control \bar{x} y s para el Ejemplo 2	45
7.	Carta de control para x y RM	47
8.	Carta de control x y RM para el Ejemplo 3	50
9.	Un sólo punto fuera de los límites de control	51
10.	Desplazamiento en el promedio del proceso	51
11.	Ciclos	52
12.	Tendencia	53
13.	Abrazando la línea central	54
14.	Abrazando los límites de control	54
15.	Inestabilidad	55
16.	Gráfica de Deriva y Estabilidad para el Ejemplo 4	58
17.	Gráfica de Errores para el Ejemplo 5	59
18.	Gráfica de Incertidumbres para el Ejemplo 6	60
19.	Gráfica de Errores e Incertidumbres para el Ejemplo 7	61
20.	Serie de Tiempo	64
21.	Serie de Tiempo Descompuesta	65
22.	Proceso Constante	66
23.	Serie de Tiempo del Ejemplo 8	67
24.	Serie de Tiempo del Ejemplo 9	69
25.	Serie de Tiempo del Ejemplo 10	70
26.	Serie de tiempo del Ejemplo 11	72
27.	Diferentes Tipos de Tendencia	73
28.	Serie de tiempo para los datos del Ejemplo 12	75
29.	Serie de tiempo del Ejemplo 13	79

30.	Serie de Tiempo con Estacionalidad	80
31.	Serie de Tiempo para el Ejemplo 14	82
32.	Gráfica para los datos desestacionalizados en función del tiempo	83
33.	Niveles de Comparación	105
34.	Gráfico Típico de Intercomparación	108
35.	Gráfica de Aplicación del Criterio de la Curva Normal	110
36.	Gráfica de Aplicación del Criterio de la Curva t	112
37.	Gráfica de Aplicación para los Criterios de Inclusión	114
38.	Gráfica de Aplicación para el Criterio del Error Normalizado	116
39.	Gráfica de Aplicación para el Criterio del Error Cuadrático Medio	119
40.	Gráfica de Aplicación para el Método GUM, caso a).	121
41.	Gráfica de Aplicación para el Método GUM, caso b).	123
42.	Gráfica de Aplicación para el Método BIPM	125
43.	Gráfica de Aplicación del Método de Mínimos Cuadrados	129
44.	Gráfica para la Aplicación del criterio Q de Dixon	131
45.	Gráfica de la distribución de cada laboratorio y de la resultante	133
46.	Ventana del EasyPHP	137
47.	Ícono del EasyPHP en la barra de estado del computador	137
48.	Opciones para configurar los servidores	137
49.	Estructura Servidor - Cliente	138
50.	Presentación Inicial del phpMyAdmin	141
51.	Acceso al Guide escribiendo en la ventana de comandos del Matlab	143
52.	Acceso al Guide oprimiendo el botón respectivo	143
53.	Ventana de Inicio del Guide	143
54.	Entorno de diseño del Guide	144
55.	Página Principal del Mozilla FireFox	145
56.	Cofiguración de Página del Mozilla FireFox	146
57.	Ventana de Comandos del MatLab	149
58.	Ventana para Iniciar el ASECALMET	149
59.	Mensaje de Error del <i>ASECALMET</i> para usuarios no autorizados	150
60.	Ventana Principal del <i>ASECALMET</i>	150

61.	Base de Datos <i>usuarios</i>	151
62.	Base de Datos <i>cartas</i>	152
63.	Tabla de Datos Corriente AC (cac)	153
64.	Base de Datos <i>r&r</i>	154
65.	Tabla de Datos para Funciones con Corriente AC (rrfca)	155
66.	Base de Datos <i>inter</i>	156
67.	Ejemplo de la Tabla de Datos de Condiciones Ambientales	157
68.	Ventana de Procedimientos del <i>ASECALMET</i>	159
69.	Ventana de Funciones	159
70.	Ventana de Cartas de Control para la Función Voltaje DC	160
71.	Ventana para Actualizar los Datos de la Funcion Voltaje DC	160
72.	Actualización de Datos para la Función VOLTAJE DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,00 mV	161
73.	Ventana de Actualización de Datos Exitosa	162
74.	Ventana de Error	162
75.	Ventana para las Gráficas de la Función VOLTAJE DC	163
76.	Cartas de Control para la Función VOLTAJE DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V	164
77.	Ventana para obtener el Reporte del Seguimiento Estadístico	165
78.	Ejemplo para ingresar los datos para el obtener el Reporte de la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V	166
79.	Ventana con el tipo de Función para realizar el Estudio r&R	170
80.	Ventana para el Estudio r&R de Funciones con DC	171
81.	Ventana para el Ingreso de los Datos de Funciones con DC	171
82.	Ejemplo para Ingresar los Datos para Funciones con DC	173
83.	Ventana de Reporte para Funciones con DC	174
84.	Ejemplo para realizar el Reporte para Funciones con DC	174
85.	Ventana para el Estudio r&R de Funciones con AC	180
86.	Ventana para el Ingreso de los Datos para Funciones con AC	180
87.	Ejemplo para Ingresar los Datos para Funciones con AC	181
88.	Ventana de Reporte para Funciones con AC	182
89.	Ejemplo para realizar el Reporte para Funciones con AC	182

90.	Ventana de Comparación entre Laboratorios	189
91.	Ventana de Ingreso de Datos para la Comparación entre Laboratorios . . .	189
92.	Ventana para Ingresar los Datos Generales	190
93.	Ejemplo para Ingresar los Datos Generales	191
94.	Ventana para Ingresar los Datos de las Condiciones Ambientales	192
95.	Ejemplo del Ingreso de las Condiciones Ambientales	193
96.	Ventana para el Ingreso del Calendario	193
97.	Ejemplo del Ingreso de los Datos del Calendario	194
98.	Ventana de Ingreso de los Datos de la Trazabilidad	195
99.	Ejemplo del Ingreso de Datos de la Trazabilidad	196
100.	Ventana de ingreso de datos del Personal Involucrado	196
101.	Ejemplo del ingreso de datos del Personal Involucrado	197
102.	Ventana de Ingreso de Datos de la Intercomparación	198
103.	Ventana de Ingreso de los Datos de Intercomparación para Funciones DC .	198
104.	Ejemplo del Ingreso de Datos de Intercomparación para Funciones DC . . .	200
105.	Ventana de Ingreso de los Datos de Intercomparación para Funciones AC .	200
106.	Ejemplo del Ingreso de Datos de Intercomparación para Funciones AC . . .	201
107.	Ventana para realizar el Reporte de la Comparación entre Laboratorios . .	201
108.	Ventana de Reporte para Funciones con DC	202
109.	Ejemplo del Ingreso de Datos para realizar el Reporte para Funciones con DC	202
110.	Ventana de Reporte para Funciones con AC	206
111.	Ejemplo del Ingreso de Datos para realizar el Reporte de Funciones con AC	206

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

En cualquier actividad económica que se realice, ya sea de tipo industrial, comercial o de prestación de servicios es muy importante garantizarle al cliente la calidad de los productos que se fabrican o de los servicios que se prestan. Esto sólo se logra a través de un estricto control de calidad donde se pueda observar la efectividad del proceso y a su vez corregir las fallas cuando éstas ocurren.

Implementar un sistema de calidad que permita analizar todo lo que se refiere a un proceso en particular es un trabajo tanto extenso como tedioso y se requiere no sólo de la labor del jefe de calidad sino de todo el personal que trabaja dentro del proceso.

Con el auge de la tecnología y el aumento de los programas estadísticos que realizan cálculos de una forma rápida y eficaz, la mayoría de las empresas cuentan hoy en día con un riguroso control de calidad que les permita mejorar.

Los laboratorios de calibración no son la excepción en este proceso y según la Norma Técnica Colombiana ISO NTC 17025 *Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración* [5], cualquier laboratorio de calibración debe tener dentro de su organización procedimientos que garanticen la calidad de las mediciones que se están realizando, y a su vez deben establecer intervalos de tiempo convenientes para realizar la confirmación metrológica de sus equipos debido a que existe la posibilidad de calibrar los equipos patrón más veces de lo necesario y esto conlleva a incrementar los gastos dentro del laboratorio.

El Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira cuenta en la actualidad con tres procedimientos que le permiten asegurar la calidad de las mediciones de sus equipos patrón. Estos procedimientos son: El Seguimiento Estadístico utilizando Cartas de Control, El Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad y La Comparación entre Laboratorios.

Todas estas actividades se realizan en dos fases: la primera es cuando se toman los datos, esto se hace de forma manual y la segunda es cuando se genera el reporte de forma digital. Estos reportes son generados individualmente utilizando hojas de cálculo y programas de texto como el Excel y el Word lo cual hace de este proceso una tarea larga y dispendiosa.

El objetivo principal de este trabajo de grado es facilitar la elaboración de dichos reportes por medio de un software que cumpla con los requisitos de la norma ISO NTC 17025 [5] y que además ejecute todos los procedimientos que el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP ya tiene diseñados de una forma más rápida, eficiente y confiable.

Por medio de este proyecto de investigación, también se pretende crear un nuevo procedimiento para minimizar los costos concernientes a las calibraciones innecesarias de los equipos patrón, calculando el tiempo necesario que debe transcurrir entre una calibración y otra, reduciendo los costos y al mismo tiempo garantizando el correcto funcionamiento de sus equipos patrón.

Este documento consta de cuatro partes, la primera recoge la información concerniente a definiciones, normas, herramientas estadísticas, procedimientos y cálculos necesarios para el diseño y la construcción del software. La segunda parte contiene todo lo relacionado con la programación, se describen los programas utilizados para crear las bases de datos, las herramientas del Matlab usadas para esta aplicación y la forma de utilizar el software en cada uno de sus procedimientos, es decir el manual donde el usuario puede aprender la forma de emplear el programa. La tercera parte realiza la validación del software comparando los reportes obtenidos por el laboratorio y por el programa y la última parte es para las conclusiones, discusiones, recomendaciones y mejoras que se le pueden realizar al software diseñado dentro de este trabajo.

En la actualidad el tema del aseguramiento de la calidad de las mediciones en Colombia está apenas dando sus primeros pasos, razón por la cual la obtención de información fue un poco dispendiosa y difícil, se espera que por medio de este trabajo se aporten nuevos conocimientos en todo lo referente a este campo y sirva como punto de partida para muchas investigaciones más.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1. *Metrología*

Según la norma NTC ISO 2194 [1], la metrología se define como la ciencia de la medición. Ésta incluye aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y cualquiera que sea el campo de la ciencia o de la tecnología al cual se aplique.

Las definiciones metrológicas¹, utilizadas a lo largo de este proyecto, son las siguientes:

1. Medición: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

Nota: Las operaciones pueden ser realizadas automáticamente.

2. Instrumento de medición: Dispositivo destinado a ser utilizado para realizar mediciones sólo o en conjunto con dispositivos complementarios.

3. Valor verdadero de una magnitud: Valor consistente con la definición de determinada magnitud en particular.

Notas:

- Este es un valor que se obtendría por una medición perfecta.
- Los valores verdaderos son por naturaleza indeterminados.
- Junto con la expresión “valor verdadero” se utiliza el artículo indefinido “un” en vez del artículo definido “el”, porque puede haber muchos valores compatibles con la definición “de” determinada magnitud en particular.

¹Extraídas de la norma NTC ISO 2194.

- 4. Valor convencionalmente verdadero de una magnitud:** Valor atribuido a una magnitud particular y reconocido, a veces por convención, como poseedor de una incertidumbre apropiada para un propósito dado.

Ejemplos:

- En una localización dada, el valor asignado a la magnitud y que se ha determinado mediante un patrón de referencia, se puede tomar como valor convencionalmente verdadero.
- El valor recomendado por CODATA (1986) para la constante de Avogadro, N_A : $6,0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Notas:

- “El valor convencionalmente verdadero” a veces se denomina valor asignado, mejor estimación del valor, valor convencional o valor de referencia.
- Con frecuencia se utiliza un gran número de resultados de mediciones para establecer un valor convencionalmente verdadero.

- 5. Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes indicadas por un instrumento o por un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes determinado por medio de patrones.

Notas:

- El resultado de una calibración permite asignar a las indicaciones los valores de las magnitudes por medir, o determinar las correcciones con respecto a las indicaciones.
- Una calibración puede determinar otras propiedades metrológicas tales como el efecto de las magnitudes de influencia.

- El resultado de una calibración se puede registrar en un documento que a veces se llama certificado de calibración o informe de calibración.

6. Error de medición: Resultado de una medición menos un valor verdadero de la magnitud por medir.

Notas:

- Puesto que no se puede determinar un valor verdadero, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero.
- Cuando se necesita distinguir entre “error” y “error relativo”, el primero a veces se denomina error absoluto de medición. Este no se debe confundir con el valor absoluto de error, que es el módulo del error.

7. Error relativo: Error de medición dividido por un valor verdadero de la magnitud por medir.

Nota: Puesto que no se puede determinar un valor verdadero, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero.

8. Error sistemático: Media que resultaría de un número infinito de mediciones de la misma magnitud por medir, efectuadas en condiciones de repetibilidad menos un valor verdadero de la magnitud por medir.

Notas:

- El error sistemático es igual al error menos el error aleatorio.
- Al igual que el error verdadero, no es posible conocer completamente el error sistemático y sus causas.

9. Error aleatorio: Resultado de una medición menos la media que resultaría a partir de un número infinito de mediciones de la misma magnitud por medir, efectuadas en condiciones de repetibilidad.

Notas:

- El error aleatorio es igual al error menos el error sistemático.
- Dado que únicamente es posible efectuar un número finito de mediciones, sólo se puede determinar una estimación del error aleatorio.

10. Corrección: Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático (valor verdadero menos el error medido).

Notas:

- La corrección es igual al negativo del error sistemático estimado.
- Puesto que no se puede conocer perfectamente el error sistemático, la compensación no puede ser completa.

11. Factor de corrección: Factor numérico por el cual se multiplica el resultado no corregido de una medición, para compensar un error sistemático.

Nota: Puesto que no se puede conocer perfectamente el error sistemático, la compensación no puede ser completa.

12. Incertidumbre de la medición: Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza a la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir.

Notas:

- El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo dado de ella), o la semilongitud de un intervalo que tenga un nivel de confianza determinado.
- En general, la incertidumbre de la medición comprende muchos componentes. La distribución estadística de los resultados de series de mediciones se pueden usar para evaluar algunos de estos componentes, que se pueden caracterizar mediante desviaciones estándar experimentales. Los otros componentes, que también se pueden caracterizar

mediante desviaciones estándar, se evalúan a partir de distribuciones de probabilidad supuestas, basadas en la experiencia o en otra información.

- Se entiende que el resultado de la medición es la mejor estimación del valor de la magnitud por medir, y que todos los componentes de la incertidumbre, incluyendo los ocasionados por efectos sistemáticos, tales como los componentes asociados con correcciones y con patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

13. Exactitud de la medición: Cercanía del acuerdo entre el resultado de una medición y un valor verdadero de la magnitud por medir.

Notas:

- El concepto de “exactitud” es cualitativo.
- No se debe usar el término precisión en vez de “exactitud”.

14. Repetibilidad de los resultados de las mediciones: Cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir, efectuadas en las mismas condiciones de medición.

Notas:

- Estas condiciones se llaman condiciones de repetibilidad.
- Las condiciones de repetibilidad incluyen:
 - El mismo procedimiento de medición.
 - El mismo observador.
 - El mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones.
 - El mismo lugar.
 - Repetición dentro de un período de tiempo corto.
- La repetibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados.

15. Repetibilidad de un instrumento de medición: Aptitud del instrumento de medición para dar indicaciones muy cercanas, en aplicaciones repetidas de la misma magnitud por medir bajo las mismas condiciones de medición.

Notas:

- Estas condiciones incluyen:
 - Reducción al mínimo de las variaciones debidas al observador.
 - El mismo procedimiento de medición.
 - El mismo observador.
 - El mismo equipo de medición utilizado en las mismas condiciones.
 - La misma ubicación.
 - Repetición dentro de un período de tiempo corto.
- La repetibilidad se puede expresar cuantitativamente en función de las características de dispersión de las indicaciones.

16. Reproducibilidad de los resultados de mediciones: Cercanía entre los resultados de una medición, efectuada bajo condiciones de medición diferentes.

Notas:

- Para que una expresión de la reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que cambian.
- Las condiciones que cambian pueden ser entre otras:
 - El principio y el método de medición.
 - El observador.
 - El instrumento de medición.
 - El patrón de referencia.

- El lugar.
 - Las condiciones de uso.
 - El tiempo.
- La reproducibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados.
 - Los resultados considerados son generalmente los resultados corregidos.

17. Resolución de un dispositivo indicador: Menor diferencia entre las indicaciones de un dispositivo indicador, que se puede distinguir en forma significativa.

Notas:

- Para un dispositivo indicador numérico, es el cambio en la indicación cuando la menor cifra significativa cambia en una unidad.
- Este concepto se aplica también a un dispositivo de registro.

18. Clase de exactitud: Clase de instrumentos de medición que cumplen ciertos requisitos metrológicos, previstos para mantener los errores dentro de límites especificados.

Nota: Una clase de exactitud generalmente se indica mediante un número o símbolo adoptado por convención y que se denomina índice de clase.

19. Trazabilidad: Propiedad del resultado de medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual se puede relacionar con referencias estipuladas, generalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas incertidumbres determinadas.

Notas:

- El concepto se expresa a menudo mediante el adjetivo trazable.
- La cadena ininterrumpida de comparaciones se denomina cadena de trazabilidad.

20. Deriva: Cambio lento de una característica metrológica de un instrumento de medición.

21. Patrón de medición: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud que sirva como referencia.

Ejemplos:

- Un patrón de masa de 1 kg.
- Una resistencia patrón de 100 Ω .
- Un amperímetro patrón.
- Un patrón de frecuencia atómico de cesio.
- Un electrodo patrón de hidrógeno.
- Una solución de referencia de cortisol en el suero humano, que tenga una concentración certificada

Notas:

- Se denomina patrón colectivo un conjunto de medidas materializadas o de instrumentos de medición semejantes que, a través de su uso combinado, constituye un patrón.
- Se denomina serie de patrones un conjunto de patrones de valores seleccionados que, individualmente o en combinación, suministra una serie de valores de magnitudes de la misma clase.

22. Patrón viajero: Patrón, a veces de construcción especial, destinado a ser transportado entre lugares diferentes.

EJEMPLO: Un patrón de frecuencia atómico de cesio, portátil que funciona con batería.

2.2. Aseguramiento de la Calidad

De acuerdo con la Norma Standard ISO 8402:1994 [2], el aseguramiento de la calidad se define como todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los requisitos de calidad establecidos. Para que sea efectivo, el aseguramiento de la calidad requiere, generalmente, una evaluación permanente de aquellos factores que influyen en la adecuación del diseño y de las especificaciones según las aplicaciones previstas, así como también verificaciones y auditorías a las operaciones de producción, instalación e inspección. En una organización, el aseguramiento de la calidad sirve como una herramienta de la gestión.

Dentro del aseguramiento de la calidad de cualquier tipo de organización es muy importante contar con un sistema de aseguramiento en la calidad de las medidas puesto que en todos los procesos industriales se recogen gran cantidad de datos para determinar la conformidad de características y parámetros con las especificaciones, además para detectar tendencias en el proceso y conseguir su regulación, también para mejorar los sistemas productivos conociendo las causas que rigen sus resultados [3].

Obtener mediciones confiables es uno de los requisitos más importantes que debe cumplir cualquier organización competitiva, puesto que a partir de estas medidas se asegura la calidad de los productos o servicios que se prestan. Además de esto se toman decisiones cuyas consecuencias técnicas y económicas son importantes para el negocio, se aumenta la productividad, se mejora el producto, se ahorra energía, se automatizan procesos o se diseñan nuevos productos.

Un sistema de aseguramiento de la medida comprende la organización, los recursos, procedimientos y software cuyo fin es que los datos del producto y proceso utilizados en la empresa tengan la calidad requerida. Sus objetivos y alcance se determinan de acuerdo con la situación de partida, los requisitos del cliente y la cantidad, variedad e importancia relativa de los datos que se utilizan [3].

2.2.1. Calidad de las Medidas

La calidad de las medidas es exigida dentro de las organizaciones por medio de normas, referenciales directivas y reglamentos, esta calidad puede obtenerse a través las siguientes actividades:

- Calibraciones.
- Validación de procesos de medida.
- Verificación de equipos y procesos.
- Cálculo de incertidumbres.
- Control estadístico de procesos.

Dentro de la metrología, la medida y los errores cometidos en su determinación son parámetros estadísticos. En términos cualitativos la calidad de una medida está dada por la exactitud y la repetibilidad. Y en términos cuantitativos se determina por dos tipos de errores:

- *Error Sistemático*: Es aquel error que aún siendo su valor y sentido conocido, no ha sido corregido, es decir, sumado o restado de la estimación de la medida.
- *Error Aleatorio*: Es aquel error cuyo valor y sentido son desconocidos y por lo tanto no puede corregirse, aunque si puede acotarse.

En el proceso de la medición siempre se cometen errores cuya magnitud depende de los medios que se tengan a la hora de medir y de los factores que estén involucrados durante este proceso (operario, condiciones ambientales, etc.). Todo esto indica que en términos cuantitativos la medida perfecta no existe, pero si se puede realizar una aproximación a ella reduciendo tanto los errores sistemáticos y los errores aleatorios.

Los errores sistemáticos se pueden reducir utilizando patrones de los cuales se tenga la plena seguridad que proporcionan medidas confiables, es decir que se encuentren trazados y los errores aleatorios se pueden reducir minimizando al máximo los efectos de las magnitudes de influencia.

En la Figura 1 se muestran todos los parámetros que intervienen sobre la calidad de una medida.

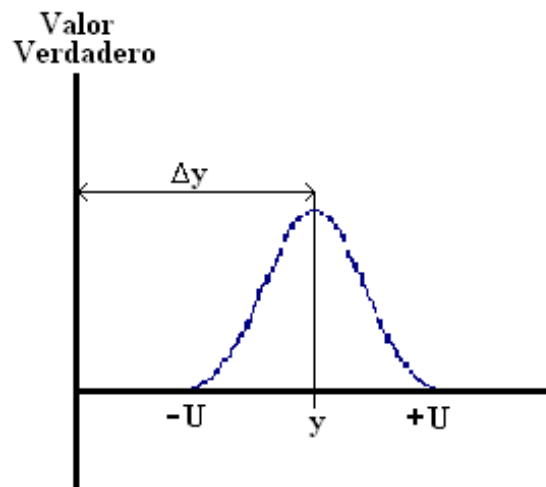


Figura 1: Parámetros que Intervienen en la Calidad de una Medida

De la Figura 1 se tiene que:

- y : Es la estimación de la medida, se obtiene calculando la media de las observaciones realizadas.
- Δy : Es el error debido a efectos sistemáticos (se puede corregir) entre cualquier valor estimado de la medida y el verdadero valor de la magnitud medida.
- $\pm U$: Es el error aleatorio o intervalo donde se encuentra con una alta confianza el valor verdadero de la medida una vez corregidos los errores sistemáticos conocidos.
- $\pm (\Delta y + |U|)$: Es el error combinado, representa la máxima desviación

2.2.2. Ciclo de Aseguramiento de la Medida

De acuerdo con la "Guía general para el aseguramiento de la medida"[3], este ciclo contiene un orden de actuación temporal que se superpone al ciclo productivo y cuya finalidad es la obtención estable de medidas con la calidad requerida.

El ciclo de aseguramiento de la medida consta de los siguientes pasos:

1. *Definición de los requisitos de la calidad de las medidas:* Los requisitos de calidad de las medidas son los parámetros que determinan el nivel de calidad aceptable para las medidas, el significado y el valor de éstos se determinan a partir de la finalidad, especificaciones y condiciones de medida del punto de control: tolerancias, índices de capacidad, criticidad, nivel de calidad aceptable, etc. Los requisitos fundamentales para la calidad de las medidas son:

- *Sesgo admisible (Δy):* Es la máxima diferencia admitida entre el valor estimado y el valor verdadero de una característica en particular.
- *Incertidumbre admisible ($\pm U$):* Máximo intervalo de confianza admitido para la estimación de una medida una vez compensado el sesgo conocido.
- *Error combinado admisible ($\pm (\Delta y + |U|)$):* Máximo error combinado (sesgo e incertidumbre) admisible para la medida de una característica.

Generalmente el valor de los requisitos de la calidad de las medidas se establece como un porcentaje de la tolerancia o del producto, dicho porcentaje depende de la criticidad de la característica o del nivel de calidad aceptable.

2. *Diseño del proceso de medida:* Un proceso de medida está constituido principalmente por los siguientes elementos:

- El equipo de medida y los accesorios.
- El método o secuencia operacional de la medida.
- La característica o parámetro objeto de la medida.

- El software para el tratamiento de los datos.
- El entorno donde se ejecutan las mediciones.
- El inspector en procesos no automatizados.

En el diseño del proceso de medida, se identifican físicamente los elementos que conforman el proceso de medida y se desarrollan los requisitos que se les exigen. Para lograr un buen diseño es necesario conocer las posibles técnicas de medición, las especificaciones de los equipos, los factores de influencia sobre los resultados, las normas internacionales o del cliente, los procedimientos de calibración y ajuste, la influencia del operador en el resultado, etc.

Los requisitos metrológicos aplicables a los elementos del proceso de medida son:

- *Requisitos aplicables al equipo de medida:*
 - Campo de medida: Este campo es definido por los valores mínimo y máximo que debe ser capaz de proporcionar el proceso de medida con todas las divisiones intermedias.
 - División de escala: Es la separación entre las marcas de escala del instrumento empleado para hacer las mediciones, su valor es siempre una contribución al error de la medida.
 - Límite de detección: Se aplica a equipos destinados a detectar por ejemplo la presencia de sustancias en una muestra.
 - Tiempo de respuesta: Es el mínimo intervalo de tiempo en el que el proceso de medida es capaz de capturar valores que proceden de un punto de control.
 - Rango de ajuste: Delimita el margen de corrección que debe permitir el equipo de medida para eliminar los errores sistemáticos que se puedan producir en el tiempo.

■ *Requisitos aplicables al producto o proceso:*

- Producto: Preparación y estabilización de la muestra, sistema de fijación y posicionamiento, homogeneidad.
- Proceso: Funcionamiento estable, pérdida de señal por extensiones, etc.

■ *Requisitos aplicables al entorno:*

- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, presión atmosférica, partículas en suspensión, humedad relativa, etc.
- Interferencias: Vibraciones, presencia de campos electromagnéticos, ruido, etc.

■ *Requisitos aplicables al método:* Número de observaciones, criterios de muestreo, posición y sentido de la medida, ajuste del cero, uso de patrones, etc.

■ *Requisitos aplicables al software:* Base de cálculo y tratamiento de los datos, aplicación de correcciones, cálculos para conversión de parámetros y magnitudes mediante tablas o fórmulas, etc.

■ *Requisitos aplicables al inspector:* Conocimientos, experiencia y niveles de capacitación para las mediciones específicas.

3. Configuración de los sistemas de medida: En esta etapa se agrupan los procesos de medida asociados a los diferentes puntos de control con el fin de reducir la cantidad de validaciones al número de sistemas de medida² definidos. Las posibilidades de agrupación dependen del tipo de proceso en el cual se esté trabajando.

En general el modelo experimental se define de modo que cubra los requisitos más restrictivos para la calidad de las medidas cuando éstas se obtienen en las condiciones más adversas.

²Un sistema de medida es un conjunto de procesos de medida cuya finalidad y configuración presentan similitudes que hacen posible su validación siguiendo el mismo modelo experimental.

Un mismo modelo puede servir para validar cualquier combinación de las siguientes configuraciones:

- Un proceso de medida asignado a un punto de control en el que pueden participar indistintamente diferentes equipos, inspectores o referencias. Las pruebas evaluarán aquellas configuraciones que introduzcan las condiciones más desfavorables para los requisitos de calidad de las medidas.
 - Varios procesos de medida con la misma configuración pero aplicados en distintos puntos de control en los que los requisitos de calidad son diferentes. Las pruebas definidas evaluarán si la configuración prevista cumple los requisitos de calidad más restrictivos.
4. *Ejecución de pruebas de validación de los procesos de medida:* En esta etapa se realizan las pruebas que determinan si se aprueban los procesos de medida siguiendo el modelo experimental definido.

Estas pruebas evalúan la capacidad del sistema de medida para comprobar si se cumplen los requisitos de calidad de las mediciones; dichas pruebas pueden realizarse midiendo bajo diferentes condiciones para evaluar la contribución de las distintas fuentes de error o en cálculos sobre valores obtenidos de conocimientos científicos o técnicos, normas, históricos del comportamiento de equipos y procesos, etc.

El proceso de validación empieza identificando las fuentes de error significativas³, luego evalúa y combina su influencia sobre la magnitud de medida y por último compara el resultado con los límites de especificación admisibles.

Para minimizar la probabilidad de que el valor estimado de una medida se encuentre dentro de especificaciones cuando realmente está por fuera o al contrario, se debe fijar un valor máximo para el error combinado, este valor normalmente es una proporción del campo de especificación.

³Fuentes que dan lugar a errores sistemáticos y aleatorios.

En la Figura 2 se muestran las diferentes zonas en las cuales se puede clasificar un producto.

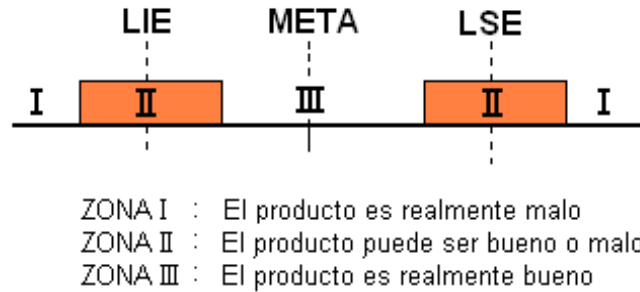


Figura 2: Zonas de clasificación para un producto

Las pruebas de validación dentro de un proceso de medida se pueden evitar cuando dicho proceso se ejecuta de acuerdo a una norma que determina los requisitos para el proceso de medición y el valor asumible del error combinado.

5. *Planificación del control de los procesos de medida:* Con esta etapa se definen las pruebas para asegurar que los procesos de medida operativos cumplen los criterios de aceptación a lo largo del tiempo.

Un método puede ser la observación directa del comportamiento de los parámetros que determinan la calidad de las medidas y en caso de detectar desviaciones mayores a las admisibles se deben identificar los elementos dentro del proceso de medida que las generan. Por ejemplo, en caso de que se encuentren medidas con un sesgo mayor al admisible se analiza la causa que puede producirlo (un desajuste del equipo, un fallo en el sistema de regulación de las condiciones ambientales, una alteración del método de medición, etc) y se decide la acción más conveniente (calibrar y ajustar el equipo, reparar o ajustar la instalación que regula las condiciones ambientales, revisar el método de medida aplicado, formar al inspector, etc).

Otro método consistiría en supervisar en intervalos de tiempo regulares y mantener bajo control los requisitos de los elementos del proceso de medida como el equipo, el entorno de medida, el método o los inspectores.

Las operaciones realizadas en cada método pueden ser diferentes, en el primer caso es frecuente la verificación con muestras patrón para los estudios de sesgo, estabilidad y consistencia, linealidad del proceso de medida o las comparaciones entre inspectores y procesos; en el segundo caso es habitual la calibración y ajuste de los equipos, la supervisión del método de medida aplicado incluyendo la preparación de muestras o el control y registro de las condiciones de entorno de medida.

Al conjunto de controles implementados para asegurar la calidad de las medidas en el tiempo se le denomina Control de Calidad de las Medidas. El plan de control de las medidas es el programa de actuaciones para evaluar la calidad de las medidas desde la puesta en marcha de un proceso de medida hasta que deja de ser operativo. En la práctica es una extensión del plan de control del producto y proceso, ya que es una actividad unida a cada punto de control.

La periodicidad de estos controles debe analizarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La frecuencia de control del producto que es determinante del deterioro más o menos rápido de algunos elementos como el equipo y sus accesorios.
- La criticidad de las características medidas que condiciona el riesgo admisible de aceptación de productos no conformes.
- La desviación previsible del proceso de medida por efecto de los componentes físicos que intervienen.
- Los datos históricos conocidos.

6. *Puesta en marcha de los procesos de medida:* Consiste en verificar en cada punto de control que los elementos del proceso de medida son los planificados y que cumplen los requisitos especificados.

Cuando alguno de los elementos de medida no cuente con las especificaciones definidas en la etapa de diseño (por ejemplo un equipo de medida con rango de medida insuficiente) o cuando no las cumpla (por ejemplo condiciones ambientales fuera de los límites aceptables o equipo de medida no apto) se deben introducir los cambios necesarios.

Las verificaciones de los procesos de medida comprenden aspectos como los siguientes:

- La comprobación de que el equipo de medida está calibrado y dentro de su especificación.
- La constatación de la cualificación de los inspectores para las mediciones.
- La verificación de que las condiciones ambientales son las previstas.
- La disposición de los accesorios previstos.
- La factibilidad de ejecución de las medidas según el método aprobado.

En conclusión, la puesta en marcha de los procesos de medida es una constatación de que en la práctica las mediciones son ejecutadas de acuerdo al método diseñado y aprobado.

Es importante señalar que en esta etapa no se requiere la evaluación de los errores de medida y sus incertidumbres, ni de las fuentes que los producen puesto que eso ya se hizo en las pruebas de validación del proceso de medida; esta fase es simplemente una supervisión para que en cada punto de control donde existe un proceso de medida las condiciones no sean diferentes a las planificadas.

- 7. Control de calidad de los procesos de medida:** La forma de controlar la calidad de las medidas en la industria más utilizada es la calibración de los equipos, con esta operación se determina mediante patrones trazados si las características metrológicas significativas del equipo se encuentran dentro de las especificaciones. La calibración permite el ajuste o la asignación de valores a las marcas de escala de los equipos.

Además de la calibración de equipos, las técnicas de control más importantes son las siguientes:

- *Estudios de estabilidad y consistencia:* Consisten en observar si la variación de los datos que produce el proceso de medida está bajo control estadístico.
En caso de que los datos presenten tendencias o valores fuera de control se deben introducir acciones correctivas.
- *Comparación de resultados:* Consiste en observar si se producen diferencias significativas entre los resultados de las mediciones obtenidas aplicando el método aprobado y otro método que puede considerarse más confiable.
- *Supervisión de los procesos de medida:* Consiste en vigilar el desarrollo correcto del proceso de medida tal como se realiza en su puesta en marcha.

- 8. Mejora de los procesos de medida:** Se identifican las mejoras que pueden implicar cambios de diseño del proceso de medida o del control de calidad planificado partiendo de la información recogida durante el ciclo de aseguramiento de la medida.

2.2.3. Implantación del Aseguramiento de la Medida

La implantación del aseguramiento de la medida requiere del control de muchas variables por lo cual debe realizarse progresivamente estableciendo un orden de prioridad.

Para implantar este sistema es conveniente seguir el planteamiento del ciclo de mejora continua:

1. *Planificación:* Establece un orden temporal de actuaciones que puede reflejarse en un plan de calidad de las mediciones. El alcance de este plan depende de la situación de partida analizada y de los objetivos trazados.
2. *Ejecución:* Las acciones que se implementan en un sistema de aseguramiento de la medida normalmente se pueden clasificar en dos grandes grupos:
 - Diseño y validación de los sistemas de medida: Su finalidad es asegurar la adecuada configuración de los sistemas de medida para proporcionar datos cuyos errores asociados estén dentro de márgenes permisibles⁴.
 - Control de calidad de las mediciones: Su finalidad es asegurar que los procesos de medida activos estén bajo control, es decir que solamente intervienen las fuentes de error identificadas en las etapas de diseño y que su influencia se encuentra bajo control.
3. *Evaluación:* Comprende las actividades para diagnosticar el sistema de aseguramiento de la medida de acuerdo con los objetivos marcados. Puede incluir la realización de auditorías o el uso de indicadores para medir la evolución continua de parámetros.
4. *Mejora:* Consiste en identificar las acciones que deben ponerse en marcha para adecuar el sistema de aseguramiento de la medida.

⁴Comprendería desde la etapa 1 hasta la etapa 4 del ciclo de aseguramiento de la medida.

2.2.4. Aseguramiento de la Calidad para un Laboratorio de Metrología

Según la definición de la Superintendencia de Industria y Comercio SIC [4], un laboratorio de metrología es un laboratorio que reúne la competencia e idoneidad necesarios para determinar la aptitud o funcionamiento de equipos de medición.

Para que este tipo de laboratorios pueda obtener mediciones confiables, es necesario que cuente con equipos patrones trazados, personal capacitado y además de esto que se controlen las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, presión) del sitio donde se ejecutan las medidas.

Como en cualquier otro tipo de organización, en estos laboratorios es muy importante garantizar la calidad de las medidas realizadas a un equipo, ya que de esa calidad depende que dicho instrumento se pueda seguir considerando apto para su uso.

Para lograr este aseguramiento de la calidad, los laboratorios de metrología deben cumplir los requisitos de la norma técnica colombiana ISO NTC 17025 [5], que en su numeral 5.9, menciona lo siguiente:

El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevados a cabo. Los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y, cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados...

Una vez que el laboratorio de metrología cumpla con estos requisitos puede demostrar que es competente y que la calidad de su servicio es confiable.

En la actualidad los laboratorios de metrología aseguran la calidad de sus medidas por medio de procedimientos como las pruebas de aptitud, la participación en la comparación interlaboratorio, los estudios de repetibilidad y reproducibilidad en las calibraciones y la repetición de ensayos⁵.

⁵En el capítulo 3 se realizan cada uno de estos procedimientos.

2.2.5. Herramientas Estadísticas utilizadas en el Aseguramiento de la Calidad

El aseguramiento de la calidad consiste en:

- Diseñar sistemas que aseguren la calidad de los productos en cada etapa del proceso de producción.
- Detectar el problema justo después de haber sido creado y tener capacidad de respuesta inmediata para corregir el problema.

Por medio de la implementación de las normas ISO-9000 dentro de un proceso se realiza la estandarización de los procesos, de los parámetros de operación, de las secuencias y de los métodos con el fin de reducir la variación de los mismos [6].

Partiendo de la propuesta de disminuir la variación de los procesos y por consiguiente disminuir la variación de los productos, han surgido numerosas herramientas estadísticas, las cuales permiten entender las variaciones naturales de los procesos y cuando son o no variaciones especiales, dentro de estas herramientas estadísticas se tienen:

2.2.5.1. *Cartas de Control:*

Las cartas o gráficas de control, también llamadas gráficas de Shewart⁶, son una herramienta muy utilizada para vigilar la variación, estimar la capacidad y además probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas dentro un proceso.

Básicamente, una carta de control es un gráfico en el cual se representan los datos de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento continuo de un proceso.

Todos los procesos están sujetos a ciertos grados de variabilidad, esto hace necesario diferenciar entre variaciones por causas fortuitas y variaciones por causas asignables [7].

- *Variaciones por causas fortuitas o naturales:* Son variaciones que siempre se encuentran presentes dentro de cualquier proceso; obedecen al azar por lo cual son inevitables y en su mayoría son imposibles de eliminar.

⁶Por ser este economista quien las investigó y las puso en práctica aproximadamente en el año 1920.

Algunos ejemplos de variaciones por causas fortuitas o naturales son:

- Destreza y habilidad del operario.
 - Métodos de trabajo utilizados.
 - Máquinas, herramientas y equipos empleados.
 - Naturaleza de la materia prima.
 - Condiciones ambientales como: humedad, vibraciones, temperatura, etc.
- *Variaciones por causas asignables:* Son variaciones que se producen generalmente por descuido o accidente dentro de un proceso, pueden ser corregidas una vez que se detectan.

Como ejemplos de variaciones por causas asignables se tienen:

- Descuido o error del operario.
- Lectura incorrecta en un instrumento de medida.
- Error en la interpretación de una instrucción.
- Materia prima defectuosa.
- Elemento extraño en la materia prima.
- Maquinaria mal ajustada.
- Herramientas gastadas.

Un proceso funciona bajo control estadístico cuando las únicas variaciones que se presentan en él son debidas a causas fortuitas o naturales, cuando aparecen dentro de éste variaciones debidas a causas asignables es necesario que el encargado del proceso identifique las causas y tome decisiones que le permitan al proceso regresar a sus condiciones normales de funcionamiento.

Las gráficas de control se deben utilizar en forma permanente para observar el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo, aún cuando los resultados revelen que se trata de un proceso estable, ya que se puede lograr una mayor uniformidad modificando el proceso básico a través de ideas correctivas.

Las cartas de control pueden ser de dos tipos:

- *Cartas de control por variables:* Son cartas en que la característica de calidad debe ser medida por medio de instrumentos. Ejemplos de datos variables son la longitud, el peso, la distancia, etc.
- *Cartas de control por atributos:* Son cartas en las cuales la característica de calidad se obtiene mediante observación directa sin utilización de ningún instrumento de medida, es decir, si la pieza está o no dentro de lo permitido.

Para el desarrollo de este proyecto se centra la atención en las cartas de control por variables, para un análisis profundo de las cartas de control por atributos se recomiendan los textos [7] y [8].

Cartas de Control por Variables: Cuando para controlar la calidad de un producto hay necesidad de realizar una serie de observaciones utilizando un instrumento de medida se aplican las cartas de control por variables.

Para controlar por variables siempre se requiere la utilización de dos gráficas, una que muestre las tendencias del proceso respecto a su promedio (gráficas de exactitud) y otra que muestre las tendencias del proceso respecto a su dispersión (gráfica de dispersión).

Las cartas más utilizadas son:

- *Carta \bar{x} - R:* Esta carta se usa para controlar y analizar la característica de la calidad del producto cuando ésta toma valores continuos, tales como longitud, peso o concentración, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. \bar{x} representa el valor promedio de una muestra y R representa el rango de la muestra. Una gráfica R se usa generalmente en combinación con una gráfica \bar{x} para controlar la variación dentro de la muestra.

Para elaborar este tipo de cartas se siguen los siguientes pasos:

1. *Recolección de datos:* Por regla general se obtienen aproximadamente de 25 a 30 muestras y se utilizan tamaños de muestras entre 3 y 10, siendo las más comunes de 5. El número de muestras se indica mediante la letra k y el tamaño de la muestra por medio de la letra n .

2. *Cálculo de las medias de muestra:* Para calcular la media de cada muestra se utiliza la ecuación 1.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

3. *Cálculo de la media general:* La media general es el promedio de las medias de las muestras y se calcula por medio de la ecuación 2.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i \quad (2)$$

donde k es el número de muestras.

4. *Cálculo del rango de muestra:* Para calcular el rango de cada muestra se utiliza la ecuación 3.

$$R = x_{\text{máximo}} - x_{\text{mínimo}} \quad (3)$$

5. *Cálculo del rango promedio:* El cálculo del rango promedio se realiza utilizando la ecuación 4.

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (4)$$

6. *Cálculo de los límites de control y de la línea central:* Los límites de control superior e inferior (LCS - LCI) y la línea central (LC) de las cartas \bar{x} y R se calculan por medio de las ecuaciones 5 y 6:

- Carta \bar{x} :

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (5)$$

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

- Carta R :

$$LCS = D_4 \bar{R} \quad (6)$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

donde las constantes A_2 , D_3 y D_4 son los coeficientes determinados por el tamaño de la muestra (n) y se encuentran en el Cuadro 42 del Apéndice A.

7. *Dibujo de la gráfica de control:* Para realizar la carta de control \bar{x} y R es necesario realizar dos gráficas. Cada gráfica se construye colocando en el eje horizontal el número de la muestra y en el eje vertical la media y el rango de cada muestra. También se deben trazar dentro de cada una de estas gráficas los límites de control inferior y superior y además la línea central. En la Figura 3 se muestra una carta de control \bar{x} y R .

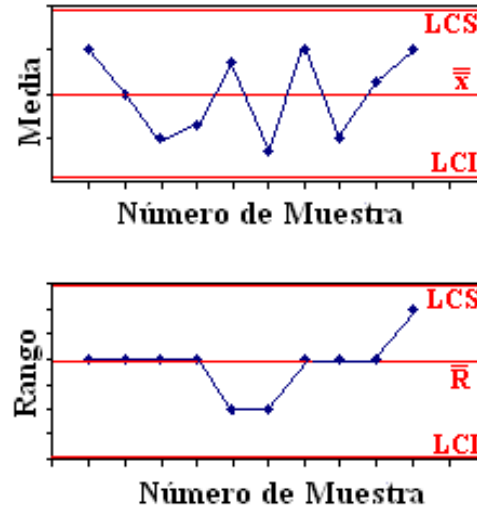


Figura 3: Carta de control \bar{x} y R

Ejemplo 1 : En el Cuadro 1 se encuentran los datos tomados en cierta fábrica para los diámetros internos de los anillos de un automóvil, dichas medidas se tomaron en milímetros. Realice una carta de control \bar{x} y R para observar el comportamiento de esta característica y además determine si se encuentra bajo control estadístico.

No. Muestra	Observaciones (mm)				
1	74,030	74,002	74,019	73,992	74,008
2	73,995	73,992	74,001	74,011	74,004
3	73,988	74,024	74,021	74,005	74,002
4	74,002	73,996	73,993	74,015	74,009
5	73,992	74,007	74,015	73,989	74,014
6	74,009	73,994	73,997	73,985	73,993
7	73,995	74,006	73,994	74,000	74,005
8	73,985	74,003	73,993	74,015	73,988
9	74,008	73,995	74,009	74,005	74,004
10	73,998	74,000	73,990	74,007	73,995
11	73,994	73,998	73,994	73,995	73,990
12	74,004	74,000	74,007	74,000	73,996
13	73,983	74,002	73,998	73,997	74,012
14	74,006	73,967	73,994	74,000	73,984
15	74,012	74,014	73,998	73,999	74,007
16	74,000	73,984	74,005	73,998	73,996
17	73,994	74,012	73,986	74,005	74,007
18	74,006	74,010	74,018	74,003	74,000
19	73,984	74,002	74,003	74,005	73,997
20	74,000	74,010	74,013	74,020	74,003
21	73,982	74,001	74,015	74,005	73,996
22	74,004	73,999	73,990	74,006	74,009
23	74,010	73,989	73,990	74,009	74,014
24	74,015	74,008	73,993	74,000	74,010
25	73,982	73,984	73,995	74,017	74,013

Cuadro 1: Datos del Ejemplo 1

Solución: Los datos del ejemplo son:

$$k = 25$$

$$n = 5$$

Por medio de las las ecuaciones 1 y 3 se calcula la media y el rango para cada una de las muestras y se obtiene el Cuadro 2.

No. Muestra	\bar{x} (mm)	R (mm)
1	74,010	0,038
2	74,001	0,019
3	74,008	0,036
4	74,003	0,022
5	74,003	0,026
6	73,996	0,024
7	74,000	0,012
8	73,997	0,030
9	74,004	0,014
10	73,998	0,017
11	73,994	0,008
12	74,001	0,011
13	73,998	0,029
14	73,990	0,039
15	74,006	0,016
16	73,997	0,021
17	74,001	0,026
18	74,007	0,018
19	73,998	0,021
20	74,009	0,020
21	74,000	0,033
22	74,002	0,019
23	74,002	0,025
24	74,005	0,022
25	73,998	0,035
\sum	1850,028	0,581

Cuadro 2: Media y rango para cada muestra del Ejemplo 1

Calculando el rango promedio por medio de la ecuación 4, se tiene:

$$\bar{R} = \frac{0,581}{25} = 0,023 \text{ mm}$$

Utilizando la ecuación 6 y las constantes del Cuadro 42 del Apéndice A⁷, se calculan los límites de control superior e inferior para la gráfica R .

$$LCS = (0,023)(2,115) = 0,049 \text{ mm}$$

$$LCI = (0,023)(0) = 0 \text{ mm}$$

⁷Para $n = 5$, $D_3 = 0$ y $D_4 = 2,115$

Por medio de la ecuación 2 se calcula la media general y se obtiene:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1850,028}{25} = 74,001 \text{ mm}$$

Utilizando la ecuación 5 y las constantes del Cuadro 42 del Apéndice A⁸, se calculan los límites de control superior e inferior para la gráfica \bar{x} .

$$LCS = 74,001 + (0,577)(0,023) = 74,014 \text{ mm}$$

$$LCI = 74,001 - (0,577)(0,023) = 73,988 \text{ mm}$$

Graficando se obtiene la Figura 4.

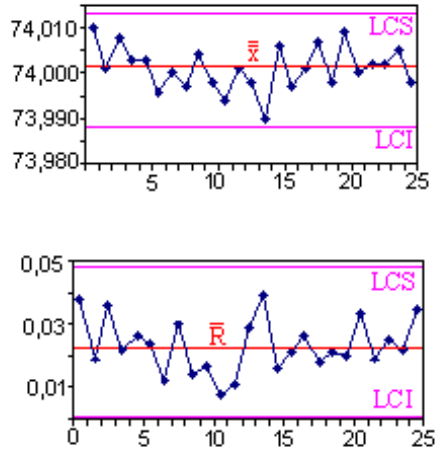


Figura 4: Carta de control \bar{x} y R para el Ejemplo 1

Al observar la carta de control para el diámetro interno de los anillos se puede notar que no existe ningún punto fuera de los límites de control y que dicha gráfica no muestra ningún patrón extraño que indique anormalidad, por estas razones se puede concluir que el proceso se encuentra trabajando bajo control estadístico.

⁸Para $n = 5$, $A_2 = 0,577$

- *Gráfica \bar{x} y s* : Esta gráfica es el instrumento estadístico que se utiliza para estudiar el comportamiento de un proceso considerando como indicador la desviación estándar, dicha gráfica consta de dos partes, una que se destina al registro de los promedios de la característica de calidad en consideración y la otra se utiliza para controlar la variabilidad del proceso.

Las gráficas de \bar{x} y s no son tan utilizadas como las gráficas \bar{x} y R porque involucran mayor esfuerzo en los cálculos, sin embargo tienen la ventaja de ser mucho más sensibles en la representación de la variabilidad del proceso cuando se tienen muestras grandes. Se hace uso de este tipo de gráficas cuando se requiere un estricto control en la variabilidad del proceso.

Para elaborar este tipo de cartas se siguen los siguientes pasos⁹:

1. *Cálculo de la desviación estándar de muestra*: Para calcular la desviación estándar de cada una de las muestras se utiliza la ecuación 7.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}} \quad (7)$$

donde n es el tamaño de cada muestra.

2. *Cálculo de la desviación estándar promedio*: La desviación estándar promedio se calcula por medio de la ecuación 8.

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (8)$$

donde k es el número de muestras.

3. *Cálculo de los límites de control y de la línea central*: Los límites de control superior e inferior (LCS - LCI) y la línea central (LC) de las cartas \bar{x} y s se calculan por medio de las ecuaciones 9 y 10.

⁹Los pasos 1, 2 y 3 son los mismos de las cartas \bar{x} y R .

- Carta \bar{x} :

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} \quad (9)$$

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$$

- Carta s :

$$LCS = B_4\bar{s} \quad (10)$$

$$LC = \bar{s}$$

$$LCI = B_3\bar{s}$$

donde las constantes A_3 , B_3 y B_4 son los coeficientes determinados por el tamaño de la muestra (n) y se encuentran en el Cuadro 42 del Apéndice A.

4. *Dibujo de la gráfica de control:* Para realizar la carta de control \bar{x} y s se hace lo mismo que en las gráficas \bar{x} y R con la diferencia de que en la gráfica de R se coloca la desviación estándar s . En la Figura 5 se muestra una carta de control \bar{x} y s .

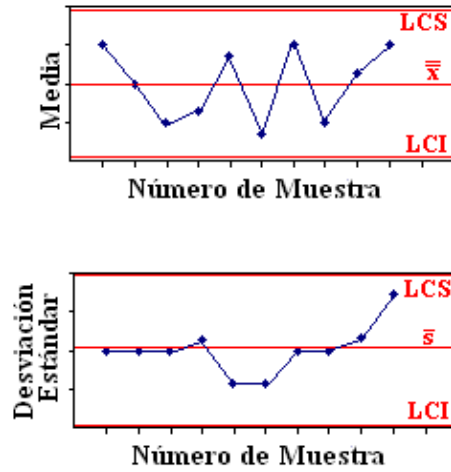


Figura 5: Carta de control de \bar{x} y s

Ejemplo 2: Utilizando los datos del Ejemplo 1, grafique la carta de control \bar{x} y s y determine si el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Solución: Por medio de la ecuación 7, se calcula la desviación estándar de cada una de las muestras¹⁰ y se obtiene el Cuadro 3.

No. Muestra	\bar{x} (mm)	s (mm)
1	74,010	0,01478
2	74,001	0,00750
3	74,008	0,01475
4	74,003	0,00908
5	74,003	0,01222
6	73,996	0,00807
7	74,000	0,00552
8	73,997	0,01226
9	74,004	0,00554
10	73,998	0,00629
11	73,994	0,00286
12	74,001	0,00422
13	73,998	0,00839
14	73,990	0,01530
15	74,006	0,00731
16	73,997	0,00780
17	74,001	0,01057
18	74,007	0,00697
19	73,998	0,00847
20	74,009	0,00798
21	74,000	0,00122
22	74,002	0,00746
23	74,002	0,01193
24	74,005	0,00870
25	73,998	0,01620
Σ	1850,028	0,22139

Cuadro 3: Media y desviación estándar para cada muestra del Ejemplo 2

La carta de control \bar{x} es la misma del ejemplo 1, calculando la desviación estándar promedio por medio de la ecuación 8, se tiene:

$$\bar{s} = \frac{0,22139}{25} = 0,0886 \text{ mm}$$

¹⁰La media de cada muestra es la misma del Ejemplo 1.

Utilizando la ecuación 10 y las constantes del Cuadro 42 del Apéndice A¹¹, se calculan los límites de control para la carta s :

$$LCS = (2,089)(0,0886) = 0,185 \text{ mm}$$

$$LCI = (0)(0,0886) = 0 \text{ mm}$$

Graficando se obtiene la Figura 6.

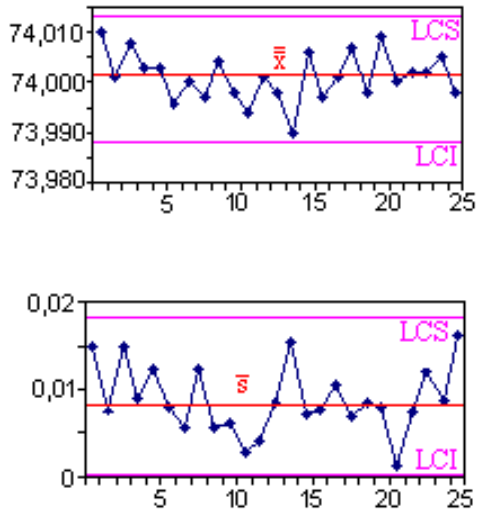


Figura 6: Carta de control \bar{x} y s para el Ejemplo 2

De la Figura 6 se puede notar que efectivamente este proceso se encuentra operando bajo control estadístico, pues no presenta puntos por fuera de los límites de control ni patrones que indiquen condiciones anormales de funcionamiento.

¹¹Para $n = 5$, $B_3 = 0$ y $B_4 = 2,089$

- *Carta x*: Este tipo de cartas se utiliza cuando los datos de un proceso se registran durante intervalos muy largos o los subgrupos de datos no son efectivos, para esta carta se grafica cada dato individualmente, es decir, el tamaño de la muestra para realizar el seguimiento del proceso es $n = 1$, esto significa que cada muestra consta de una unidad individual. Debido a que no hay subgrupo y el valor de R o s no puede ser calculado, se utiliza el rango móvil RM de datos sucesivos para el cálculo de los límites de control de x .

Algunos ejemplos de procesos en los cuales se pueden realizar este tipo de cartas son los que incluyen datos contables como los embarques, los pedidos, la falta de asistencia a un consultorio médico, accidentes de tránsito, registros de producción como temperatura, humedad, voltaje o presión, y los resultados de análisis físicos o químicos.

Para elaborar este tipo de cartas se siguen los siguientes pasos:

1. *Cálculo de la media*: Para realizar el cálculo de la media de todas las muestras se utiliza la ecuación 1.
2. *Cálculo del rango móvil de cada muestra*: Para calcular el rango móvil de cada muestra se emplea la ecuación 11.

$$RM_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (11)$$

3. *Cálculo del rango promedio*: Para realizar el cálculo del rango móvil promedio se utiliza la ecuación 12.

$$\overline{RM} = \frac{\sum_{i=1}^k RM_i}{k} \quad (12)$$

donde k es el número de muestras.

4. *Cálculo de los límites de control y de la línea central*: Los límites de control superior e inferior (LCS - LCT) y la línea central (LC) de las cartas x y RM se calculan por medio de las ecuaciones 13 y 14.

- Carta x :

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{x} + 3 \frac{\overline{RM}}{d_2} \\ LC &= \bar{x} \\ LCI &= \bar{x} - 3 \frac{\overline{RM}}{d_2} \end{aligned} \quad (13)$$

- Carta RM :

$$\begin{aligned} LCS &= D_4 \overline{RM} \\ LC &= \overline{MR} \\ LCI &= D_3 \overline{RM} \end{aligned} \quad (14)$$

donde las constantes d_2 , D_3 y D_4 se encuentran en el Cuadro 42 del Apéndice A.

5. *Dibujo de la gráfica de control:* Para realizar la carta de control x y RM se hace lo mismo que en las gráficas \bar{x} y R con la diferencia de que en la gráfica de R se coloca el rango móvil RM . En la Figura 7 se muestra una carta de control x y RM .

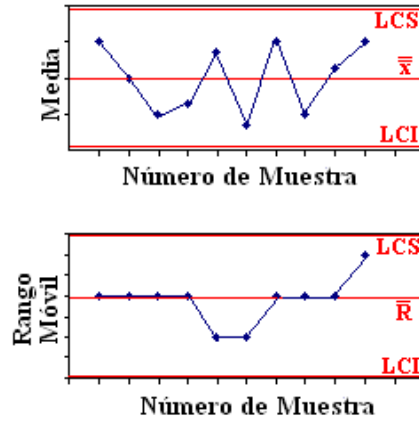


Figura 7: Carta de control para x y RM

Ejemplo 3: En el Cuadro 4 se encuentran los datos de la viscosidad de una pintura tapaporo para aviones. Realice la carta de control x para determinar el comportamiento de esta característica y además determine si se encuentra bajo control estadístico.

No. Tanda	Viscosidad x (m^2/s)
1	33,75
2	33,05
3	34,00
4	33,81
5	33,46
6	34,02
7	33,68
8	33,27
9	33,49
10	33,20
11	33,62
12	33,00
13	33,54
14	33,12
15	33,84

Cuadro 4: Datos del Ejemplo 3

Solución: Utilizando los valores de la viscosidad como x y la ecuación 11 para calcular el rango móvil, se obtiene el Cuadro 5.

No. Tanda	x (m^2/s)	RM (m^2/s)
1	33,75	
2	33,05	0,70
3	34,00	0,95
4	33,81	0,19
5	33,46	0,35
6	34,02	0,56
7	33,68	0,34
8	33,27	0,41
9	33,49	0,22
10	33,20	0,29
11	33,62	0,42
12	33,00	0,62

No. Tanda	$x \text{ (m}^2/\text{s)}$	$RM \text{ (m}^2/\text{s)}$
13	33,54	0,54
14	33,12	0,42
15	33,84	0,72
Σ	502,85	6,73

Cuadro 5: x y rango móvil de cada muestra del Ejemplo 3

Utilizando las ecuaciones 1 y 12 se calcula el promedio de x y el promedio del rango móvil:

$$\bar{x} = \frac{502,85}{15} = 33,52 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$\overline{RM} = \frac{6,73}{14} = 0,48 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

Utilizando las ecuaciones 13 y 14 y las constantes del Cuadro 42 del Apéndice A¹², se calculan los límites de control:

- Carta x :

$$LCS = 33,52 + 3 \frac{0,48}{1,128} = 34,80 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$LCI = 33,52 - 3 \frac{0,48}{1,128} = 32,24 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

- Carta RM :

$$LCS = (3,267) (0,48) = 1,57 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$LCI = (0) (0,48) = 0 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

¹²Para $n = 2$, $d_2 = 1,128$, $D_3 = 0$ y $D_4 = 3,267$

Graficando se obtiene la Figura 8.

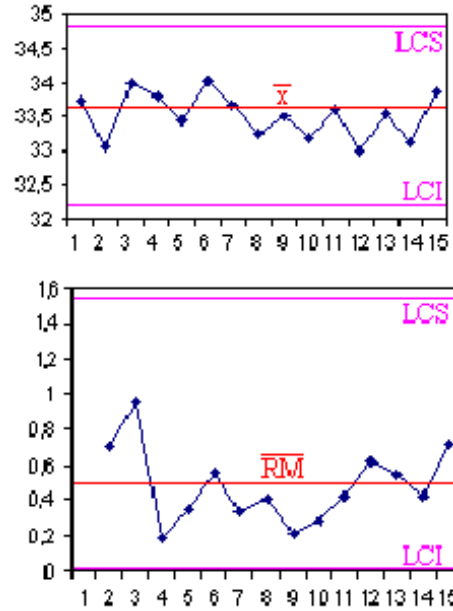


Figura 8: Carta de control \bar{x} y RM para el Ejemplo 3

De la Figura 8 se observa que esta carta no presenta ningún patrón extraño y que además todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control con lo cual se puede concluir que este proceso se encuentra bajo control estadístico.

Interpretación de las Cartas de Control: Lo más importante de una carta de control es aprender a leerla y poder captar el estado del proceso para tomar decisiones acertadas cuando ocurra dentro de éste algo anormal.

El estado controlado del proceso es el estado en el cual éste es estable, es decir, el promedio y la variación no cambian. Para conocer si un proceso está o no controlado se pueden identificar dentro de la gráfica de control los siguientes patrones [8]:

- *Un punto fuera de los límites de control:* Un sólo punto fuera de los límites de control generalmente se produce por una causa asignable. En pocas ocasiones, este tipo de punto es parte normal del proceso y ocurre simplemente al azar.

Una de las razones más frecuentes para que un punto esté fuera del límite de control es un error en el cálculo de \bar{x} , R o s para la muestra. Siempre que esto ocurra se deben verificar los cálculos. Otras causas posibles son la oscilación súbita de la energía eléctrica, una herramienta defectuosa, un error de medición o una operación del proceso incompleta u omitida. En la Figura 9 se muestra una gráfica de control con un punto fuera de los límites de control.

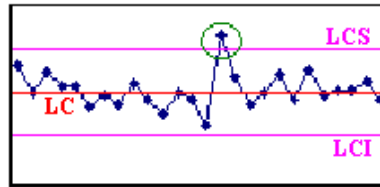


Figura 9: Un sólo punto fuera de los límites de control

- *Desplazamiento súbito en el promedio del proceso:* Un número fuera de lo común de los puntos consecutivos que caen a un lado de la línea central por lo general es una indicación de que la media del proceso se ha desplazado súbitamente. Por lo común, es resultado de alguna influencia externa que afectó al proceso y que debería considerarse como causa asignable. En la Figura 10 se muestra una gráfica de control que ha sufrido desplazamiento en el promedio del proceso.

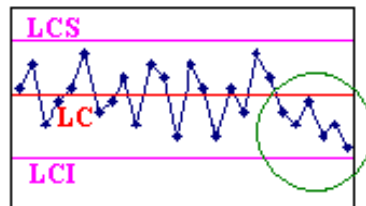


Figura 10: Desplazamiento en el promedio del proceso

Cuando el desplazamiento de la carta R o s es hacia arriba es porque ha disminuido la uniformidad del proceso, esto puede ocurrir por un descuido de los operadores, un mantenimiento inadecuado o defectuoso, o posiblemente por un dispositivo que necesita reparación, pero si el desplazamiento es hacia abajo, la uniformidad del proceso ha mejorado y esto puede ser el resultado de un mejor trabajo por parte del personal o mejores máquinas o materiales.

Para detectar de una forma rápida la detección de desplazamientos en el proceso se utilizan las siguientes reglas:

1. Si ocho puntos consecutivos se ubican a un solo lado de la línea central significa que la media se ha desplazado.
 2. Se divide la región entre la línea central y cada límite de control en tres partes iguales:
 - a) Si dos de cada tres puntos consecutivos se encuentran en la tercera parte externa entre la línea central y uno de los límites de control se concluye que la media se ha desplazado.
 - b) Si cuatro de cinco puntos consecutivos caen dentro de las dos terceras partes externas de la región se concluye que el proceso ha salido de control.
- **Ciclos:** Los ciclos son patrones breves y repetidos en la gráfica, que alternan picos elevados y valles profundos. Estos patrones son el resultado de causas que varían periódicamente. En la Figura 11 se muestra el diagrama de una gráfica de control afectada por ciclos.

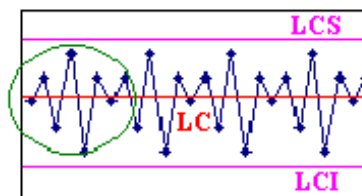


Figura 11: Ciclos

- **Tendencia:** Una tendencia es el resultado de alguna causa que afecta gradualmente las características de calidad de un producto y hace que la gráfica de control poco a poco se mueva hacia arriba o hacia abajo de la línea central.

En la Figura 12 se muestra una gráfica de control donde el proceso ha sufrido una tendencia hacia abajo de la línea central.

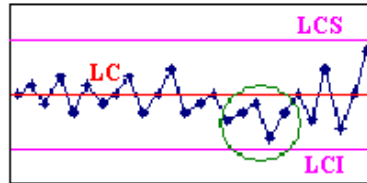


Figura 12: Tendencia

En las gráficas \bar{x} las tendencias pueden ser el resultado de una mejora en la destreza del operador, acumulación de suciedad en dispositivos, desgaste en herramientas, cambios en la temperatura o en la humedad o envejecimiento del equipo.

En la gráfica R o s una tendencia creciente puede deberse a una disminución gradual en la calidad de los materiales, a fatiga del operador o al aflojamiento de una herramienta o dispositivo. Una tendencia decreciente a menudo es el resultado de mejoras en la destreza del operador o mejores métodos de trabajo, mejores materiales o un mejor o más frecuente mantenimiento.

- **Abrazando la línea central:** Abrazar la línea central ocurre cuando prácticamente todos los puntos se ubican cerca de la línea central.

En esta carta parece que los límites de control son demasiado amplios. Una causa de este patrón puede ser un error en el cálculo de los límites de control, quizás por utilizar un factor equivocado de la tabla o por utilizar mal el punto decimal en los cálculos.

En la Figura 13 se muestra la gráfica de control de un proceso en el cual todos los puntos abrazan la línea central.

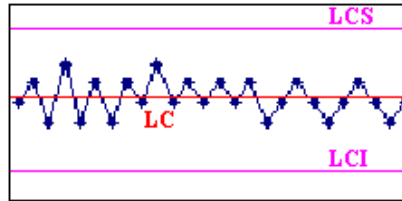


Figura 13: Abrazando la línea central

- **Abrazando los límites de control:** Este patrón se pone de manifiesto cuando muchos puntos aparecen cerca de los límites de control con muy pocos lejos de ellos. Esto frecuentemente se conoce como una mezcla, y de hecho es una combinación de dos patrones distintos en una misma gráfica.

En la Figura 14 se muestra un gráfica de control en la cual la mayoría de los puntos se encuentran cerca de los límites de control.

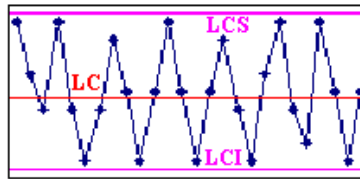


Figura 14: Abrazando los límites de control

Un patrón de mezcla a veces resulta cuando se utilizan en un proceso distintos lotes de materias primas o cuando los componentes se producen en máquinas diferentes pero se envían a un grupo de inspección común.

- **Inestabilidad:** La inestabilidad está caracterizada por fluctuaciones no naturales erráticas a ambos lados de la gráfica, a través del tiempo. Los puntos a veces aparecen por fuera de los límites superior e inferior de control sin un patrón uniforme. En este caso las causas asignables son difíciles de identificar puesto que no existe un patrón específico.

Una causa frecuente de inestabilidad es un exceso en el ajuste de la máquina, es decir las mismas razones hacen que los puntos abracen los límites de control.

En la Figura 15 se muestra una gráfica de control donde el proceso presenta inestabilidad.

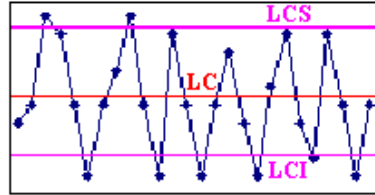


Figura 15: Inestabilidad

2.2.5.2. Otras Gráficas de Control utilizadas para el Aseguramiento de la Medida

Además de las cartas de control utilizadas dentro de un proceso para analizar si se encuentra funcionando bajo control estadístico, existen otro tipo de gráficas que ofrecen de una forma más rápida información a cerca del comportamiento del proceso a través del tiempo.

En los laboratorios de calibración para el aseguramiento de la calidad de las mediciones, también se pueden utilizar las siguientes gráficas, según lo describe la guía metas en un artículo de junio del 2004 [9]:

Gráfica de Deriva y Estabilidad: Para realizar este tipo de gráficas, se utilizan los diagramas de desarrollo. Una gráfica de desarrollo se utiliza con el fin de estudiar los datos obtenidos dentro de un proceso para observar si éste presenta tendencias o patrones a lo largo del tiempo.

Para realizar estas gráficas, se siguen los siguientes pasos [10]:

1. Se decide la característica de la cual se desea obtener información.
2. Se establece un marco de tiempo para medir (cada hora, diariamente, semanalmente, mensualmente, etc.).

3. Se trazan los ejes de la gráfica colocando en el eje vertical el valor de la característica de interés y en el eje horizontal se coloca el tiempo.
4. Se marcan y se unen los puntos de los datos obtenidos.
5. Se calcula el promedio de todos los puntos.

Una vez realizada la gráfica, se interpreta observando lo siguiente:

- Que no presente tendencias ni comportamientos que indiquen una situación anormal dentro del proceso.
- Que todos los puntos se distribuyan de manera uniforme alrededor de la línea central.
- Que no presente puntos exageradamente altos o bajos que indiquen un problema dentro del proceso.

Para aplicar las gráficas de desarrollo dentro de un laboratorio de calibración, se utilizan todos los certificados de calibración del equipo patrón obtenidos a lo largo del tiempo y se construyen colocando en el eje vertical el valor del error en porcentaje con su respectiva incertidumbre (también en porcentaje) y en el eje horizontal la fecha de cada una de estas calibraciones¹³.

La mayor utilidad que ofrece este tipo de carta dentro de un laboratorio de calibración es que permite monitorear el instrumento patrón con el fin de observar si el promedio a lo largo del tiempo ha cambiado.

Ejemplo 4: Los resultados obtenidos en la calibración de un multímetro digital para la función de resistencia están dados en el Cuadro 6. Realice una gráfica de deriva y estabilidad para observar el comportamiento del instrumento a lo largo del tiempo.

¹³Dentro de esta gráfica, el error se coloca como un punto y la incertidumbre como una línea.

Fecha	A_r ($k\Omega$)	A_i ($k\Omega$)	E ($k\Omega$)	u_e ($k\Omega$)
2003-03-13	33,00	33,00	0	0,35
	109,00	109,00	0	1,12
	119,00	119,00	0	1,22
2004-03-15	33,00	33,00	0	0,35
	109,00	109,01	-0,01	1,12
	119,00	119,00	0	1,22
2005-03-16	33,00	33,01	-0,01	0,35
	109,00	109,00	0	1,12
	119,00	119,00	0	1,22

Cuadro 6: Datos del Ejemplo 4

Solución: El valor del error en porcentaje se calcula por medio de la ecuación 15.

$$E(\%) = \frac{E}{A_r} \times 100\% \quad (15)$$

donde

E es el error absoluto

A_r es el valor nominal (verdadero)

El valor de la incertidumbre en porcentaje se calcula por medio de la ecuación 16.

$$u_e(\%) = \frac{u_e}{A_r} \times 100\% \quad (16)$$

donde

u_e es la incertidumbre expandida

A_r es el valor nominal (verdadero)

Calculando el error y la incertidumbre en porcentaje por medio de las ecuaciones 15 y 16, se obtiene el Cuadro 7.

Fecha	A_r ($k\Omega$)	A_i ($k\Omega$)	E (%)	u_e (%)
2003-03-13	33,00	33,00	0	1,05
	109,00	109,00	0	1,03
	119,00	119,00	0	1,03
2004-03-15	33,00	33,00	0	1,05
	109,00	109,01	-0,009	1,03
	119,00	119,00	0	1,03
2005-03-16	33,00	33,01	-0,009	1,05
	109,00	109,00	0	1,03
	119,00	119,00	0	1,03

Cuadro 7: Error e Incertidumbre en porcentaje del Ejemplo 4

Graficando se obtiene la Figura 16.

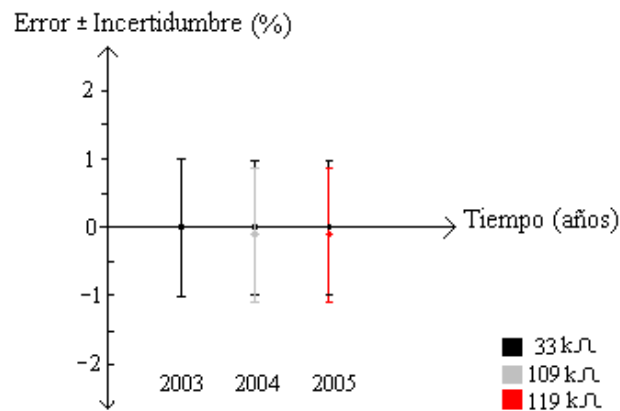


Figura 16: Gráfica de Deriva y Estabilidad para el Ejemplo 4

Gráfica de Errores: Estas gráficas se realizan utilizando los conocidos diagramas de barras. Con este tipo de gráficas se puede comparar la información obtenida dentro de un proceso a través del tiempo.

Para construir estas gráficas dentro de un laboratorio de calibración se utilizan los certificados de calibración obtenidos a lo largo del tiempo para el equipo patrón y se siguen los siguientes pasos:

1. Se decide la característica de la cual se desea obtener información.
2. Se trazan los ejes de la gráfica colocando en el eje vertical el error de la característica medida en porcentaje y en el eje horizontal se colocan los valores nominales de dicha característica.
3. Se realizan barras¹⁴ en cada uno de los valores nominales cuya altura es igual al error respectivo expedido por el certificado de calibración.

Por medio de este tipo de gráfica de control, se puede determinar:

- La consistencia gráfica entre los errores para cada fecha de calibración.
- Si el sistema de medición continua siendo útil.
- Si el sistema de medición ha sufrido un cambio importante con respecto a los errores del instrumento.

Ejemplo 5: Utilizando los datos del Cuadro 6, realice una gráfica de errores para comparar la información obtenida del instrumento a lo largo del tiempo.

Solución: El valor del error en porcentaje se encuentra en el Cuadro 7, graficando se obtiene la Figura 17.

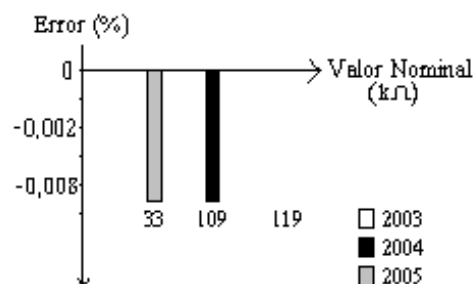


Figura 17: Gráfica de Errores para el Ejemplo 5

¹⁴El número de barras depende del número de calibraciones realizadas al instrumento.

Gráfica de Incertidumbres: Esta gráfica se construye de la misma forma que la gráfica de errores, la única diferencia es que para este caso en el eje vertical se coloca el valor de la incertidumbre en porcentaje.

Por medio de estas gráficas se puede determinar:

- La consistencia de las mediciones entre una calibración y otra.
- Si alguna de las calibraciones se encuentra fuera de control.
- Si el método entre una calibración y otra ha sido modificado.

Ejemplo 6: Utilizando los datos del Cuadro 6, realice una gráfica de control de incertidumbres.

Solución: La incertidumbre en porcentaje se encuentra en el Cuadro 7, graficando se obtiene la Figura 18.

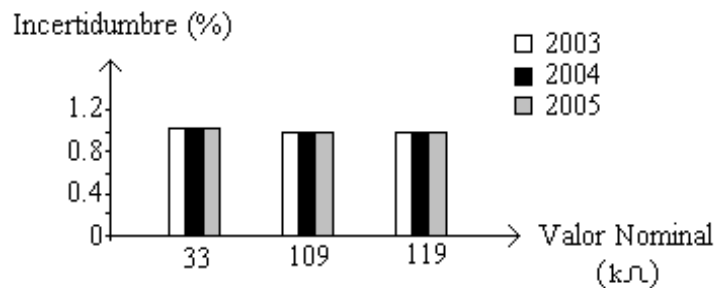


Figura 18: Gráfica de Incertidumbres para el Ejemplo 6

Gráfica de Errores e Incertidumbres: En estas gráficas también se utilizan las gráficas de desarrollo explicadas anteriormente¹⁵, la forma de realizarlas es igual a la de las gráficas de deriva y estabilidad con la diferencia de que en el eje horizontal se colocan los valores nominales de los puntos calibrados.

¹⁵En la sección de gráficas de deriva y estabilidad

Por medio de esta gráfica se puede observar como se ha comportado el instrumento (patrón) o proceso con respecto a la última calibración, se puede observar si el error sufrió algún cambio y además se pueden predecir resultados esperados del instrumento para la próxima calibración puesto que se tienen dos o más calibraciones anteriores.

Ejemplo 7: Por medio del Cuadro 6, realice una gráfica de errores e incertidumbres.

Solución: El error y la incertidumbre en porcentaje se encuentran en el Cuadro 7, graficando se obtiene la Figura 19.

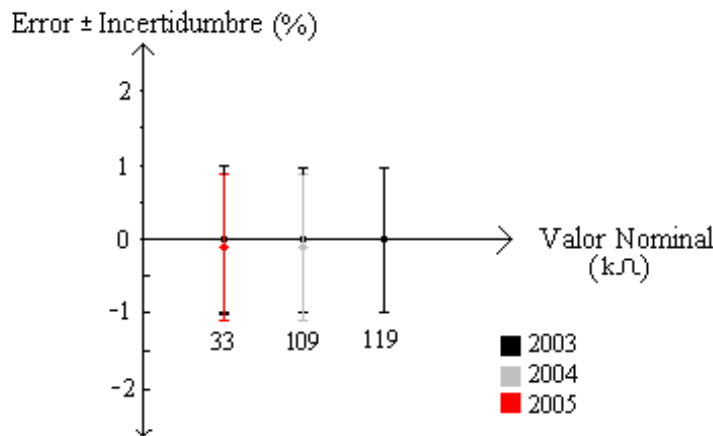


Figura 19: Gráfica de Errores e Incertidumbres para el Ejemplo 7

2.2.5.3. *Pronósticos:*

Todo proceso que se realiza se encuentra afectado por diferentes factores que alteran ya sea de una forma mínima su funcionamiento, esto significa que no importa el tipo de proceso que se ejecute, éste siempre estará operando bajo una atmósfera de incertidumbre. A pesar de este hecho, dentro de cada organización es necesario tomar decisiones importantes para su desarrollo en el futuro.

En la toma de decisiones es necesario contar con una base confiable de lo que posiblemente sucederá en el futuro, esto sólo se logra por medio de los pronósticos.

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir acontecimientos futuros, por medio de ellos se utiliza la mejor información disponible para orientar las actividades futuras tendientes al cumplimiento de las metas del proceso.

Se sabe que nunca ocurrirá exactamente lo pronosticado, pero es necesario pronosticar porque se necesita una cierta base, aunque sea mínima, un criterio o una justificación para el curso de acción que se decide tomar. A partir del pronóstico que se realice se puede decidir dónde y cómo colocar los recursos financieros, tecnológicos y humanos.

Las técnicas de pronóstico disminuyen la incertidumbre sobre el futuro, permitiendo estructurar planes y acciones congruentes con los objetivos del proceso y permiten tomar acciones correctivas apropiadas y a tiempo cuando ocurren situaciones fuera de lo pronosticado.

En el proceso de pronosticar es muy importante tener en cuenta el tiempo del cual se desea obtener información, por esta razón es necesario tener muy claro lo que significa horizonte temporal.

Horizonte Temporal: Cuando se hacen pronósticos no existen límites exactos, pero se pueden definir tres horizontes temporales que son muy comunes en el proceso de pronosticar. Estos tres horizontes temporales son:

- *Pronóstico a largo plazo:* Este tipo de pronóstico sirve para tomar decisiones estratégicas relacionadas con productos, procesos e instalaciones y por lo general abarca un año o más.
- *Pronóstico a mediano plazo:* En este tipo de pronóstico se planifican las ventas, la producción y el presupuesto. Este pronóstico abarca varios meses.
- *Pronóstico a corto plazo:* En este tipo de pronóstico se programan los trabajos y se asignan tareas. En general sólo abarca pocas semanas.

Con el paso del tiempo, los pronósticos se vuelven a realizar corriendo el horizonte temporal, es decir la fecha que antes se había pronosticado como un largo plazo pasa a ser un mediano plazo y posteriormente un corto plazo; en general al acercarse el momento se cuenta con información más certera.

Métodos de Pronóstico: Los pronósticos pueden clasificarse de acuerdo con su tendencia en cualitativos o cuantitativos. Los métodos cualitativos son una técnica que no requiere de una abierta manipulación de datos, sólo se utiliza el “juicio” de quién pronostica. Desde luego, incluso aquí, el “juicio” del pronosticador es en realidad el resultado de la manipulación mental de datos históricos pasados.

Los métodos cuantitativos son procedimientos mecánicos que producen resultados cuantitativos. Por supuesto, ciertos procesos cuantitativos requieren de una manipulación de datos mucho más compleja que otros. Se debe enfatizar de nuevo que junto con los nuevos procedimientos mecánicos y de manipulación de datos, se deben emplear elementos de juicio y sentido común. Sólo en esta forma se puede llevar a cabo un pronóstico inteligente.

Para interés de este trabajo sólo se analizarán los métodos de pronóstico cuantitativos, especialmente los de series de tiempo, para obtener mayor información acerca de los demás métodos de pronóstico se tienen los textos [11] y [12].

Métodos de Pronóstico Cuantitativos: Los métodos cuantitativos hacen uso de un modelo subyacente para llegar a un pronóstico. La lógica básica de todos los modelos cuantitativos para realizar pronósticos es que los datos del pasado y los patrones de datos son indicadores confiables para predecir el futuro.

En estos casos, los datos del pasado se procesan mediante series de tiempo o modelos causales para hacer pronósticos. Cuando se utilizan los modelos cuantitativos es necesario tener cuidado con la información, si ésta proviene del mismo proceso, se debe verificar que haya sido cuantificada de manera uniforme.

Los métodos cuantitativos se dividen en dos grupos: Métodos de series de tiempo y métodos causales.

- *Método de Series de Tiempo:* Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones sobre una variable (producción de una empresa, de un artículo, exportaciones, precio de un producto etc.) observada a intervalos regulares de tiempo (diarios, semanales, mensuales, trimestrales, etc.). Este método se utiliza para realizar análisis detallados de los patrones de demanda en el pasado a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro.

En la Figura 20 se muestra la gráfica de una serie de tiempo.

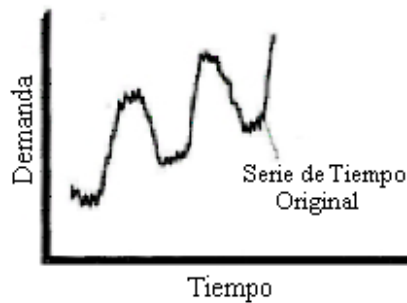


Figura 20: Serie de Tiempo

En las series de tiempo existen movimientos o variaciones características que pueden medirse y observarse por separado. Estos movimientos o variaciones se llaman componentes de una serie de tiempo y son causados por fenómenos diferentes dentro del proceso.

Una serie de tiempo consta de cuatro componentes:

- **Tendencia:** La tendencia es la componente de largo plazo que representa el crecimiento o la disminución en la serie sobre un periodo de tiempo amplio. La tendencia puede ser creciente o declinatoria.
- **Ciclos:** Los ciclos son ondulaciones a largo plazo alrededor de la línea de tendencia los cuales pueden ser o no periódicos, es decir, pueden o no seguir caminos

análogos en intervalos de tiempo iguales. Se caracterizan por tener lapsos de expansión y contracción. En general, los movimientos se consideran cíclicos sólo si se producen en un intervalo de tiempo mayor a un año.

- Estacionalidad: Las variaciones estacionales son fluctuaciones periódicas que se observan en las series de tiempo cuya frecuencia es menor a un año (trimestral, mensual, diaria, etc.) aproximadamente en las mismas fechas y casi con la misma intensidad.
- Error aleatorio: El error aleatorio mide la variabilidad de las series de tiempo después de que se eliminan las otras componentes. Este error puede ser generado por factores de tipo económico que generalmente sus efectos duran un corto intervalo de tiempo, sin embargo existen situaciones en que pueden ser tan intensos que fácilmente podrían dar lugar a un nuevo ciclo o a otros movimientos.

En la Figura 21 se muestra una serie de tiempo descompuesta en cada una de sus cuatro componentes.

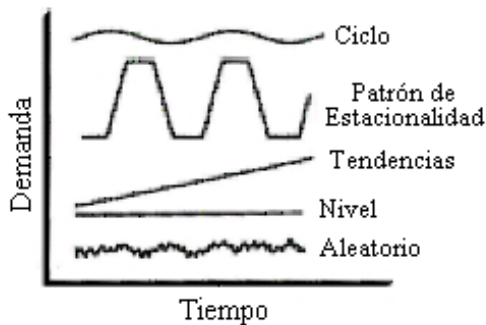


Figura 21: Serie de Tiempo Descompuesta

El primer paso para analizar una serie de tiempo es graficarla para poder observar su comportamiento a través del tiempo. Luego se debe expresar por medio de una ecuación matemática que generalmente es la suma o el producto de sus cuatro componentes.

La estrategia utilizada en los pronósticos por series de tiempo es identificar la magnitud y la forma de cada uno de sus componentes basándose en los datos disponibles del

pasado. Estos componentes se proyectan hacia el futuro y si sólo queda un componente de error aleatorio pequeño y el patrón persiste a través del tiempo entonces se obtendrá un pronóstico confiable.

Para poder elegir los métodos de pronóstico que se utilizan dentro de las series de tiempo, es necesario tener muy claro el tipo del proceso en el cual se está trabajando, pues en base a esto es que se escoge el método de pronóstico.

Los tipos de proceso que existen son:

1. Proceso Constante: Un proceso constante es aquel en el cual el valor promedio de la serie no varía a través del tiempo.

En la Figura 22 se muestra un proceso con esta característica.

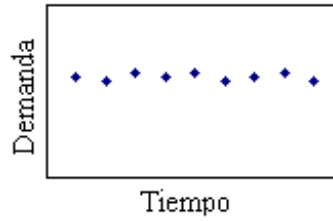


Figura 22: Proceso Constante

Dentro de un proceso constante se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Método del Último Dato: Uno de los métodos más sencillos de pronóstico es utilizar el último dato de la serie de tiempo como pronóstico para el siguiente periodo. De manera matemática se tiene la ecuación 17.

$$F_{T+1} = Y_T \quad (17)$$

donde

F_{T+1} es el pronóstico para el periodo siguiente

Y_T es el valor del último dato de la serie de tiempo

El pronóstico para k periodos al futuro está dado por la ecuación 18.

$$F_{T+k} = Y_T \quad (18)$$

Ejemplo 8: En el Cuadro 8 se encuentran los datos del promedio de la longitud de ciertas varillas fabricadas por una empresa para las últimas seis semanas, por medio del método del último dato encuentre el pronóstico del promedio de la longitud de las varillas para la siguiente semana.

<i>Semanas</i>	1	2	3	4	5	6
<i>Longitud (cm)</i>	42	52	54	65	51	64

Cuadro 8: Datos del Ejemplo 8

Solución: En la Figura 23 se muestra la gráfica para la serie de tiempo del Cuadro 8.

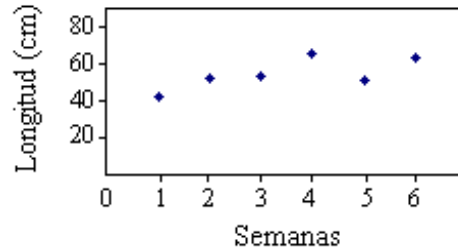


Figura 23: Serie de Tiempo del Ejemplo 8

De la Figura 23 se observa que el proceso es constante y que por lo tanto si se puede utilizar el método del último dato para realizar el pronóstico. De este modo, el pronóstico de la longitud promedio de las varillas para la séptima semana es igual a:

$$F_7 = F_6 = 64 \text{ cm}$$

El problema con el método del último dato es la variación aleatoria inherente al proceso porque si la demanda de la última semana se encuentra alta, entonces el pronóstico también será alto, sin embargo para un modelo constante es igualmente probable que a la semana siguiente la demanda sea baja y esto hace que el método del pronóstico utilizado se aleje en alto grado de la realidad. Cuando el proceso cambia a lo largo del tiempo entonces es bueno utilizar este método puesto que reacciona de una manera inmediata a las variaciones aleatorias del sistema.

- Método del Promedio Simple: Este método vence el problema que presenta el método del último dato ya que utiliza un promedio de los datos pasados para hacer que el pronóstico sea menos sensible a las variaciones aleatorias.

El promedio de todos los datos se calcula según la ecuación 19.

$$PS = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_k}{N} \quad (19)$$

donde

Y_1, Y_2, \dots, Y_k son los valores de las observaciones de la serie

N es el número de periodos de la serie

El pronóstico realizado en el periodo T para el siguiente periodo es el que se muestra en la ecuación 20.

$$F_{T+1} = PS \quad (20)$$

El método del promedio simple trata a los datos muy antiguos igual que a los más recientes. Cuando el proceso es verdaderamente constante, este método se puede utilizar porque capta la esencia de la serie de tiempo y tiende a moderar las fluctuaciones aleatorias presentes en el sistema.

Ejemplo 9: El tiempo promedio en minutos que se tarda el proceso de armar cierto tipo de automóvil dentro de una ensambladora tomado durante los últimos diez meses se encuentra en el Cuadro 9, utilizando el método del promedio simple encuentre el pronóstico del próximo mes.

<i>Meses</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Tiempo (minutos)</i>	15,5	16,2	14,9	15,4	16,1	15,8	15,7	16,1	16,2	16,1

Cuadro 9: Datos del Ejemplo 9

Solución: La Figura 24 muestra la gráfica de la serie de tiempo del Cuadro 9.

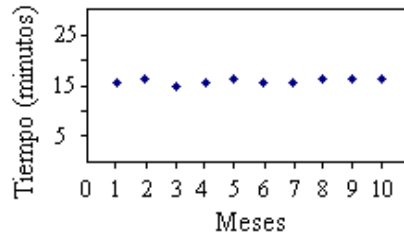


Figura 24: Serie de Tiempo del Ejemplo 9

El promedio simple para el décimo mes utilizando la ecuación 19, es:

$$PS = 15,8 \text{ minutos}$$

El pronóstico del tiempo promedio para el siguiente mes es igual a:

$$F_{11} = PS = 15,8 \text{ minutos}$$

- Método de Promedios Móviles: Esta técnica consiste en tomar un grupo de valores observados de la serie, calcularle el promedio y utilizarlo como pronóstico para el siguiente periodo. Sólo sirve para pronosticar un sólo periodo: el siguiente. Se debe especificar el número de observaciones que se tomarán; se llama móvil porque siempre se toman las n últimas observaciones para hacer el pronóstico.

En la ecuación 21 se muestra la fórmula para calcular el promedio móvil de n datos.

$$PM_T = \frac{1}{n} \sum_{T=1}^n Y_T \quad (21)$$

donde

Y_T son los datos anteriores de los últimos n periodos

n es el número de periodos empleados en el promedio móvil

El pronóstico para el siguiente periodo está dado por la ecuación 22.

$$F_{T+1} = PM_T \quad (22)$$

El número de periodos (n) usados en un promedio móvil, afecta la rapidez de respuesta del pronóstico a un cambio en el proceso. Aunque la media de un proceso permanezca constante, el promedio móvil cambia debido al ruido del sistema. El ruido afecta relativamente poco el pronóstico cuando n es grande pero si n es pequeña el pronóstico puede cambiar de una manera significativa.

La elección de n se debe realizar teniendo en cuenta que el pronóstico responda rápido a los cambios que ocurran en el proceso y además que ignore las fluctuaciones aleatorias.

Cuando el proceso es relativamente estable, se elige una n grande, para pronósticos a corto plazo lo usual es utilizar un valor de n que esté entre 5 y 7.

Ejemplo 10: Los datos de la cantidad de barniz en galones utilizado por una fábrica productora de bates de madera se encuentran en el Cuadro 10. Utilizando el método del promedio móvil, calcule el pronóstico de la semana doce asumiendo $n = 5$.

<i>Semanas</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Barniz (galones)</i>	200	135	195	198	310	175	155	130	220	277	235

Cuadro 10: Datos del Ejemplo 10

Solución: La Figura 25 muestra la gráfica de la serie de tiempo del Cuadro 10.

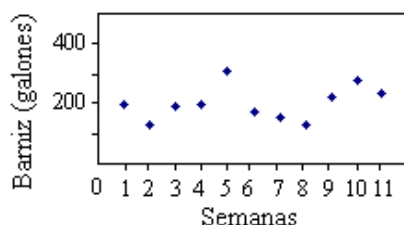


Figura 25: Serie de Tiempo del Ejemplo 10

Utilizando la ecuación 21, se tiene que el promedio móvil de cinco semanas en la semana 11, es:

$$PM_{11} = \frac{155 + 130 + 220 + 277 + 235}{5}$$

$$PM_{11} = 203,4 \text{ galones}$$

El pronóstico de la cantidad de barniz para la semana 12 es:

$$F_{12} = PM_{11} = 203,4 \text{ galones}$$

- Suavización Exponencial Simple: Este método consiste en asignar un peso a la última información (dato) disponible y al último pronóstico, el cual a su vez contiene información pasada.

La ecuación 23 se utiliza para calcular el pronóstico del periodo siguiente.

$$F_T = \alpha Y_{T-1} + (1 - \alpha)F_{T-1}$$

$$F_T = F_{T-1} + \alpha(Y_{T-1} - F_{T-1}) \quad (23)$$

donde

F_T es el pronóstico suavizado para el periodo T

F_{T-1} es el pronóstico para el periodo anterior que puede ser el promedio de todos los datos

Y_{T-1} es el dato del periodo anterior

α es la constante de suavizamiento

Para utilizar este método es necesario tener buen cálculo derivado de algún otro método, lo que se denomina pronóstico inicial o de arranque así como seleccionar un coeficiente de suavización α adecuado.

Se le asigna un valor elevado a α para nuevos productos o para los casos en los que la demanda subyacente está en proceso de cambio o es muy inestable. Un valor de 0,7, 0,8 o 0,9 es el adecuado en estas condiciones.

Cuando el proceso es muy estable se puede asumir un valor bajo para α con el fin de disminuir el ruido que se pueda presentar dentro del sistema. Generalmente este coeficiente en condiciones de estabilidad puede asumirse como 0,1, 0,2 o 0,3. Cuando el proceso es ligeramente inestable, coeficientes de suavización de 0,4, 0,5 o 0,6 pueden proporcionar datos más precisos.

Ejemplo 11: Un hospital emplea un método de pronóstico móvil de nueve meses para predecir la cantidad de alcohol en litros que necesitará en los próximos meses. Los datos de esta demanda se encuentran en el Cuadro 11. Realice un pronóstico de suavización exponencial para el mes 33.

<i>Meses</i>	24	25	26	27	28	29	30	31	32
<i>Alcohol (litros)</i>	78	65	90	71	80	101	84	60	73

Cuadro 11: Datos del Ejemplo 11

Solución: En la Figura 26 se muestra la serie de tiempo para el Cuadro 11.

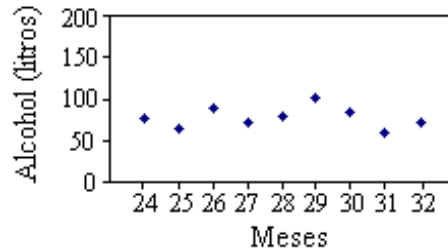


Figura 26: Serie de tiempo del Ejemplo 11

El promedio móvil utilizando la ecuación 21, es:

$$PM = \frac{78 + 65 + 90 + 71 + 80 + 101 + 84 + 60 + 73}{9}$$

$$PM = 78 \text{ litros}$$

Por lo tanto el pronóstico anterior o sea el pronóstico para el mes 32 es:

$$F_{32} = 78 \text{ litros}$$

Utilizando un coeficiente de suavización de 0,2 ¹⁶, se tiene que el pronóstico para el mes 33 es:

$$F_{33} = F_{32} + \alpha(Y_{32} - F_{32})$$

$$F_{33} = 78 + 0,2(73 - 78)$$

$$F_{33} = 77 \text{ litros}$$

- 2. Proceso con Tendencia:** Un proceso con tendencia es aquel que varía con respecto al tiempo ya sea de forma creciente o decreciente. La tendencia puede ser una línea recta o una curva, en la Figura 27 se muestran los diferentes tipos de tendencia que se pueden presentar en un proceso.

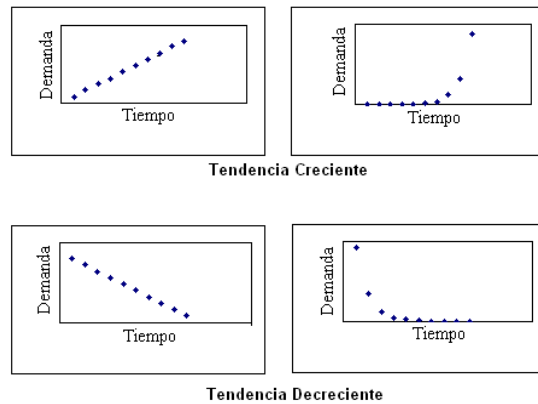


Figura 27: Diferentes Tipos de Tendencia

Los métodos de pronóstico que se utilizan para los procesos con tendencia son:

- Método de Suavización Exponencial Doble: Este método también se conoce como método de dos parámetros de Holt ya que suaviza la pendiente y la tendencia de la serie de tiempo utilizando constantes de atenuación diferentes α y β .

¹⁶Por ser un proceso con estabilidad.

La fórmula para calcular la tendencia está dada por la ecuación 24.

$$T_T = \beta (S_T - S_{T-1}) + (1 - \beta) T_{T-1} \quad (24)$$

donde

T_T es la tendencia suavizada de la serie de datos

S_T es el valor suavizado de forma exponencial

S_{T-1} es el valor suavizado de forma exponencial del periodo anterior

β es una constante de suavización

T_{T-1} es la tendencia suavizada del periodo anterior

La fórmula estándar de suavización está dada por la ecuación 25.

$$S_T = \alpha Y_T + (1 - \alpha) (S_{T-1} + T_{T-1}) \quad (25)$$

donde

Y_T es un dato de la serie de tiempo

α es un coeficiente de suavización

El pronóstico para k periodos futuros está dado por la ecuación 26

$$F_{T+k} = S_T + kT \quad (26)$$

En la suavización exponencial, se debe elegir uno de los parámetros α o β . La forma de escoger a α es la misma que para la suavización exponencial simple¹⁷.

Para obtener una suavización exponencial doble en el tiempo T se necesitan los valores de S_{T-1} y B_{T-1} , la manera de calcularlos es dividiendo los datos en dos grupos iguales y calculando el promedio de cada uno de ellos. Este promedio se centra en el punto medio del intervalo.

¹⁷Ver procesos estables.

La diferencia entre estos dos promedios es el cambio en la demanda del proceso con respecto a la media de cada conjunto de datos. Para convertir esta diferencia en un cálculo de la pendiente, es necesario dividir entre el número de periodos que separan los dos promedios; después para obtener un valor de la ordenada se utiliza el promedio total y el valor de la pendiente multiplicados por el número de periodos a partir del punto medio del periodo actual.

Ejemplo 12: Calcule el pronóstico para el diámetro promedio de los balines fabricados por cierta empresa para los meses 25 y 30. Si el diámetro promedio del mes 25 es de 259 milímetros, actualice los parámetros y proporcione los pronósticos de los meses 26 y 30. Los datos mensuales del promedio de estos diámetros (D) se encuentran en el Cuadro 12, asuma un valor para α y para β de 0,1.

Mes	$D (mm)$	Mes	$D (mm)$	Mes	$D (mm)$	Mes	$D (mm)$
1	116	7	162	13	201	19	225
2	133	8	172	14	219	20	223
3	139	9	163	15	207	21	257
4	157	10	163	16	205	22	232
5	154	11	164	17	210	23	240
6	159	12	191	18	207	24	241

Cuadro 12: Datos para el Ejemplo 12

Solución: En la Figura 28 se tiene la serie de tiempo para los datos del Cuadro 12.

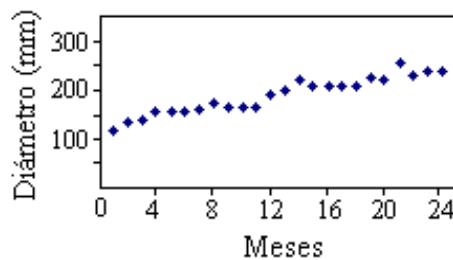


Figura 28: Serie de tiempo para los datos del Ejemplo 12

De la Figura 28 se puede observar que el proceso presenta una tendencia ascendente y por esta razón es necesario aplicar el método de suavización exponencial doble.

Para poder calcular el pronóstico del mes 25 es necesario primero calcular los valores iniciales de la demanda suavizada y de la tendencia, es decir, se necesita calcular S_{24} y T_{24} .

Para calcular S_{24} se dividen los datos en dos grupos y se calcula el promedio de cada uno de ellos, así:

$$P_1 = \frac{1873}{12} = 156,08 \text{ mm}$$

$$P_2 = \frac{2667}{12} = 222,25 \text{ mm}$$

El incremento en el diámetro promedio para el periodo de 12 meses es:

$$222,25 - 156,08 = 66,17 \text{ mm}$$

Al dividir este incremento entre 12 se obtiene el incremento promedio por mes que es igual a la tendencia para el mes 24, es decir:

$$T_{24} = \frac{66,17}{12} = 5,51 \text{ mm}$$

Para el cálculo de S_{24} es necesario calcular el promedio total, así:

$$P_T = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} Y_i = 189,17 \text{ mm}$$

Este promedio se encuentra centrado en el tiempo 12,5 y para ubicarlo en el tiempo actual, es necesario realizarle el ajuste por tendencia de la siguiente forma:

$$S_{24} = 189,17 + 5,51(24 - 12,5) = 252,53 \text{ mm}$$

El pronóstico para el mes 25 es según la ecuación 26:

$$F_{25} = S_{24} + 1 \cdot T_{24} = 252,53 + 5,51 = 258,04 \text{ mm}$$

Y el pronóstico para el mes 30 es:

$$F_{30} = S_{24} + 6 \cdot T_{24} = 252,53 + 6(5,51) = 285,59 \text{ mm}$$

Como se conoce el diámetro promedio para el mes 25 que es igual a 259 mm, es necesario calcular S_{25} y T_{25} para actualizar los pronósticos, según la ecuación 25 y 24 los valores de S_{25} y de T_{25} son respetivamente:

$$S_{25} = \alpha Y_{25} + (1 - \alpha)(S_{24} + T_{24}) = 0,1(259) + (1 - 0,1)(252,53 + 5,51) = 258,14 \text{ mm}$$

$$T_{25} = \beta(S_{25} - S_{24}) + (1 - \beta)T_{24} = 0,1(258,14 - 252,53) + (1 - 0,1)5,51 = 5,52 \text{ mm}$$

Así el pronóstico para los meses 26 y 30 son:

$$F_{26} = S_{25} + 1 \cdot T_{25} = 258,14 + 5,52 = 263,66 \text{ mm}$$

$$F_{30} = S_{25} + 5 \cdot T_{25} = 258,14 + 5(5,52) = 285,74 \text{ mm}$$

- Método de Regresión Lineal: La regresión lineal es una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas y se usa para pronosticar una variable en base a otra. En la variación lineal la relación entre las variables forma una línea recta.

La ecuación de esta recta está dada por la ecuación 27.

$$Y = a + bT \tag{27}$$

donde

Y es el valor pronosticado para un periodo T

b es la pendiente de la recta de tendencia

T es el tiempo

a es el valor de la tendencia cuando $T = 0$

Para calcular b y a se utilizan las ecuaciones 28 y 29.

$$b = \frac{n \left(\sum T_t Y_t \right) - \left(\sum T_t \right) \left(\sum Y_t \right)}{n \left(\sum T_t^2 \right) - \left(\sum T_t \right)^2} \quad (28)$$

$$a = \frac{\sum Y_t - b \sum T_t}{n} \quad (29)$$

La regresión lineal es útil en pronósticos a largo plazo de sucesos importantes, la restricción principal para utilizar este tipo de pronóstico es que, supuestamente, los datos pasados y las proyecciones caen sobre una línea recta. Por dicha razón, es necesario al utilizar este método calcular el coeficiente de correlación y saber que tan bueno es el ajuste de los datos a una línea recta.

El coeficiente de correlación se calcula a partir de la ecuación 30.

$$r = \frac{\sum (T_t - \bar{T}) (Y_t - \bar{Y})}{n \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum (T_t - \bar{T})^2 \right) \left(\frac{1}{n} \sum (Y_t - \bar{Y})^2 \right)}} \quad (30)$$

Los valores que puede tomar el coeficiente de correlación son entre -1 y 1, es decir:

$$-1 < r < 1$$

- Si $r > 0$, la correlación lineal es positiva. La correlación es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a 1.
- Si $r < 0$, la correlación lineal es negativa. La correlación negativa es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a -1.
- Si $r = 0$, no existe correlación lineal entre las variables. Aunque podría existir otro tipo de correlación (parabólica, exponencial, etc.).

Ejemplo 13: En el Cuadro 13 se muestra la masa promedio anual que transporta una empresa de mensajería. Utilizando el método de regresión lineal, estime los parámetros y realice el pronóstico para los 5 años siguientes.

<i>Año</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>Masa (toneladas)</i>	15	35	46	57	64	72	86

Cuadro 13: Datos para el Ejemplo 13

Solución: Graficando los datos del Cuadro 13 se obtiene la Figura 29.

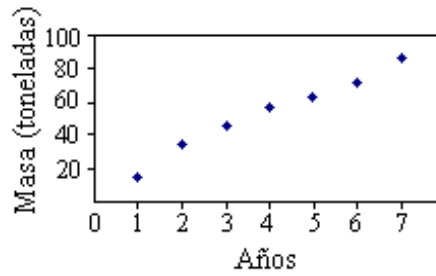


Figura 29: Serie de tiempo del Ejemplo 13

Al observar la Figura 29 se nota que la serie de tiempo presenta una tendencia lineal, por dicha razón se pueden calcular los parámetros a y b con las ecuaciones 28 y 29.

$$b = \frac{7(1805) - (28)(375)}{7(140) - (28)^2} = 10,89 \text{ toneladas}$$

$$a = \frac{(375) - 10,89(28)}{7} = 10,01 \text{ toneladas}$$

La ecuación de la recta de regresión es:

$$Y = 10,01 + 10,89 T$$

El pronóstico para la demanda de los 5 años siguientes es:

$$Y_8 = 10,01 + (10,89) 8 = 97 \text{ toneladas}$$

$$Y_9 = 10,01 + (10,89) 9 = 108 \text{ toneladas}$$

$$Y_{10} = 10,01 + (10,89) 10 = 119 \text{ toneladas}$$

$$Y_{11} = 10,01 + (10,89) 11 = 130 \text{ toneladas}$$

$$Y_{12} = 10,01 + (10,89) 12 = 141 \text{ toneladas}$$

El coeficiente de correlación calculado por medio de la ecuación 30, es:

$$r = \frac{305}{7\sqrt{\left(\frac{28}{7}\right)\left(\frac{3401,7}{7}\right)}} = 0,988$$

Como el coeficiente de correlación es muy cercano a 1 se puede concluir que si existe una correlación lineal entre el tiempo y la masa transportada.

- 3. Proceso Estacional:** Un proceso estacional es aquel que presenta un patrón que consiste en subidas y bajadas periódicas que se presentan en forma regular en la serie de tiempo. Al tiempo entre un “pico” y otro en la gráfica de la serie, se le llama periodo estacional. La mayoría de las series que presentan esta característica tienen periodicidad anual; en este caso, si la serie consiste de observaciones mensuales, el periodo será 12, en cambio, si la serie es trimestral, el periodo será 4. En la Figura 30 se muestra una serie de tiempo que presenta estacionalidad.

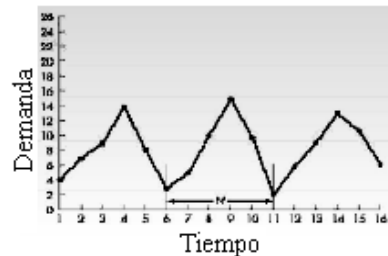


Figura 30: Serie de Tiempo con Estacionalidad

La manera matemática de representar la estacionalidad es a través de los llamados índices estacionales.

Un índice estacional mide el grado en el cual el promedio de un periodo en particular se encuentra por encima o por debajo del promedio. Para obtener una estimación precisa del índice de estacionalidad, se calcula el promedio del primer periodo, el segundo periodo, etc y se dividen cada uno por el promedio total.

La ecuación 31 muestra la manera de obtener el índice de estacionalidad.

$$S_i = \frac{\overline{Y}_i}{Y} \quad (31)$$

donde

S_i es el índice de estacionalidad para el i ésimo periodo

\overline{Y}_i es el valor promedio de los n periodos

Y es el promedio total

i es el i ésimo periodo estacional de la serie

Los pasos a seguir para desarrollar pronósticos con el análisis de regresión lineal cuando en los datos de la serie de tiempo existe estacionalidad son:

1. Se selecciona un conjunto representativo de datos históricos.
2. Se calcula el índice de estacionalidad por medio de la ecuación 31 para cada estación (mes, trimestre, etc.).
3. Se desestacionaliza la serie dividiendo cada uno de los datos entre el índice de estacionalidad respectivo.
4. Se realiza el análisis de regresión lineal sobre los datos desestacionalizados.
5. Se usa la ecuación de regresión para calcular los pronósticos del futuro.
6. Se utilizan los índices de estacionalidad para aplicar los patrones estacionales a los pronósticos.

Ejemplo 14: El Cuadro 14 proporciona la información de la cantidad de fibra óptica producida trimestralmente por una empresa, calcule el pronóstico para los cuatro trimestres siguientes.

Año	Fibra óptica (m)			
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
8	520	730	820	530
9	590	810	900	600
10	650	900	1000	650

Cuadro 14: Datos del Ejemplo 14

Solución: En la Figura 31 se muestra la serie de tiempo para los datos del Cuadro 14.

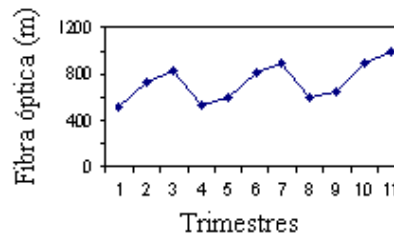


Figura 31: Serie de Tiempo para el Ejemplo 14

Para calcular los índices de estacionalidad, es necesario calcular los promedios trimestrales y el promedio total.

El promedio para cada trimestre es:

$$\overline{Y_1} = \frac{520+590+650}{3} = 586,67 \text{ m}$$

$$\overline{Y_2} = \frac{730+810+900}{3} = 813,33 \text{ m}$$

$$\overline{Y_3} = \frac{820+900+1000}{3} = 906,67 \text{ m}$$

$$\overline{Y_4} = \frac{530+600+650}{3} = 593,33 \text{ m}$$

El promedio total es:

$$Y = 725 \text{ m}$$

Los índices de estacionalidad son:

$$S_1 = \frac{586,67}{725} = 0,809$$

$$S_2 = \frac{813,33}{725} = 1,122$$

$$S_3 = \frac{906,67}{725} = 1,251$$

$$S_4 = \frac{593,33}{725} = 0,818$$

Para desestacionalizar los datos de cada trimestre, es necesario dividir cada dato entre el índice de estacionalidad, de esta forma los datos desestacionalizados son los del Cuadro 15.

<i>Año</i>	<i>Fibra óptica (m)</i>			
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
8	642,8	650,6	655,5	647,9
9	729,3	721,9	719,4	733,5
10	803,5	802,1	799,4	794,6

Cuadro 15: Datos Desestacionalizados

Para realizar el análisis de regresión lineal, se gráficán los datos de la demanda en función del tiempo (observar Figura 32).

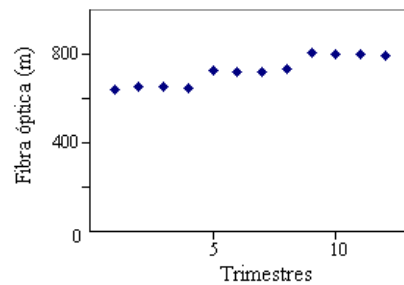


Figura 32: Gráfica para los datos desestacionalizados en función del tiempo

La pendiente y el intercepto de la recta de regresión se calculan con las ecuaciones 28 y 29:

$$b = 16,865 \text{ } m \quad a = 615,42 \text{ } m$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = 615,42 + 16,865 \text{ } T$$

Utilizando la ecuación anterior, se calcula el pronóstico desestacionalizado para los siguientes cuatro trimestres como:

$$Y_1 = 615,42 + (16,865) \text{ } 13 = 834,67 \text{ } m$$

$$Y_2 = 615,42 + (16,865) \text{ } 14 = 851,53 \text{ } m$$

$$Y_3 = 615,42 + (16,865) \text{ } 15 = 868,40 \text{ } m$$

$$Y_4 = 615,42 + (16,865) \text{ } 16 = 885,26 \text{ } m$$

Como el proceso presenta estacionalidad, es necesario calcular el pronóstico de los cuatro siguientes trimestres pero estacionalizado, esto se hace multiplicando cada uno de los pronósticos desestacionalizados por el índice de estacionalidad respectivo.

En el Cuadro 16 se encuentran los datos del pronóstico para los cuatro trimestres siguientes.

<i>Año</i>	<i>Fibra óptica (m)</i>			
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
11	675	955	1086	724

Cuadro 16: Pronósticos para los cuatro trimestres del año 11

- **Métodos de Pronóstico Causal:** Este método se utiliza en procesos donde la variable que se desea pronosticar depende de una u otras variables. Por dicha razón se denomina pronóstico causal puesto que el valor de la variable dependiente está causado o tiene correlación con el valor de una u otras variables independientes¹⁸.

¹⁸En este trabajo no se analizará este tipo de pronóstico, para un completo análisis se tiene el texto [12].

2.2.6. Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

Un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (r&R) es el que se realiza dentro de cualquier proceso para analizar su variabilidad y determinar si se encuentra bajo control estadístico.

Un sistema de medición está conformado por el instrumento con el cual se mide y las personas que lo utilizan. Si este sistema fuera perfecto, sería posible determinar directamente la variabilidad de los valores verdaderos de la característica de calidad medida, pero en la realidad, la variabilidad de los valores observados refleja tanto el error de medición como la variación en la característica que se mide [13].

Los conceptos centrales para el estudio r&R son la repetibilidad y la reproducibilidad, dentro de un sistema de medición, el significado de estos parámetros es el siguiente [13]:

- **Repetibilidad:** Esta variación se presenta cuando el mismo instrumento es utilizado por una persona al medir repetidas veces la misma parte, es decir, es la variación de las lecturas individuales que se han repetido con el mismo instrumento y la misma persona.
- **Reproducibilidad:** Se refiere a la variación que se observa entre los promedios de varios operadores, cuando cada operador realiza varias lecturas sobre la misma parte y usando el mismo instrumento.

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad debe iniciarse realizando un experimento estadísticamente bien diseñado; cualquiera que sea el experimento se deben utilizar partes o unidades del producto las cuales son seleccionadas por medio de un muestreo aleatorio, cierto número de operadores¹⁹ que se seleccionan aleatoriamente, y en orden arbitrario los operadores deben realizar las mediciones sobre las partes varias veces. Una vez realizado el experimento, todas las medidas se organizan en el formato²⁰ correspondiente.

¹⁹Estos operadores deben manejar muy bien el instrumento de medición.

²⁰Este formato es diseñado por la empresa e involucra todos los datos de su interés.

Cuando se ha terminado de realizar la toma de los datos, se procede a calcular la variabilidad del proceso. Para esto se puede utilizar cualquiera de los siguientes métodos: método del rango, método del promedio y rango y método Anova (Análisis de varianza).

2.2.6.1. Método del Rango

El método del rango proporciona una aproximación sobre la variabilidad del sistema, no descompone dicha variabilidad en repetibilidad y reproducibilidad por lo cual se utiliza como un método rápido para verificar si la relación $r\&R$ no ha sufrido ningún cambio importante.

Para aplicar este método se utilizan dos operadores y cinco partes tomando sólo una medida, los pasos que se siguen son:

1. Se calcula el rango de las medidas para cada una de las partes utilizando la ecuación 32.

$$R = x_{imáx} - x_{imín} \quad (32)$$

donde

$x_{imáx}$ es el dato mayor de la parte

$x_{imín}$ es el dato menor de la parte

2. Se calcula el rango promedio de todos los rangos por medio de la ecuación 33.

$$\bar{R} = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^b R_i \quad (33)$$

donde

b es el número total de partes

R_i es el rango de cada parte

3. Se calcula la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad según la ecuación 34.

$$r\&R = 4,33\bar{R} \quad (34)$$

donde

\bar{R} es el rango promedio

4. Se calcula el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad según la ecuación 35.

$$\%r\&R = \frac{r\&R}{T} \times 100 \% \quad (35)$$

donde

$r\&R$ es la relación repetibilidad - reproducibilidad

T es la tolerancia de la característica medida

5. Se interpretan los resultados obtenidos por medio de los siguientes criterios [14]:

- Si $\%r\&R \leq 20 \%$ el sistema se considera aceptable.
- Si $\%r\&R > 20 \%$ el sistema requiere de una mejora

Ejemplo 14: Los datos en metros (m), obtenidos por dos operadores al medir la longitud de cinco varillas que se utilizan en construcción se muestran en el Cuadro 17. Si la tolerancia de la característica medida es $0,4\ m$, determine si el sistema de medición es o no aceptable.

Parte	Operador	
	A	B
1	0,85	0,80
2	0,75	0,70
3	1,00	0,95
4	0,45	0,55
5	0,50	0,60

Cuadro 17: Datos para el Ejemplo 14

Solución: Aplicando la ecuación 32 para calcular el rango de cada parte se obtiene el Cuadro 18.

Parte	$R \text{ (m)}$
1	0,05
2	0,05
3	0,05
4	0,10
5	0,10

Cuadro 18: Rangos de cada una de las partes del equipo del Ejemplo 14

Calculando el rango promedio utilizando la ecuación 33, se tiene:

$$\bar{R} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_i = 0,07 \text{ m}$$

Calculando la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad por medio de la ecuación 34, se tiene:

$$r\&R = 4,33 (0,07) = 0,3031 \text{ m}$$

Calculando el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad por medio de la ecuación 35, se tiene:

$$\%r\&R = \frac{0,3031}{0,4} \times 100 \% = 75,78 \%$$

Como el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad es mayor al 20 %, se concluye que el sistema no es aceptable y que necesita una mejora.

2.2.6.2. Método del Promedio y Rango

El método del promedio y el rango estima tanto la repetibilidad como la reproducibilidad para un sistema de medición. A diferencia del método del rango, este método permite descomponer la variación total del sistema en dos componentes separados: la repetibilidad y la reproducibilidad; sin embargo no permite conocer la variación debida a la interacción entre el operador y cada una de las partes, para este método dicha variación se encuentra incluida dentro de la reproducibilidad.

Los pasos que se deben seguir para llevar a cabo este método son:

1. Se determinan las partes del equipo que se desean medir, el número de operadores y el número de mediciones que debe efectuar cada uno de ellos.
2. Cada operador realiza las mediciones de las partes del equipo una vez.
3. Los operadores repiten las mediciones, pero esta vez en diferente orden y sin observar las mediciones realizadas anteriormente por sus compañeros.
4. Se organizan todos los datos en el formato correspondiente.
5. Se calcula el rango para cada parte y cada operador utilizando la ecuación 32.
6. Se calcula el rango promedio para cada operador utilizando la ecuación 33.
7. Se calcula el rango promedio de todos los rangos por medio de la ecuación 36.

$$\overline{\overline{R}} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \overline{R}_i \quad (36)$$

donde

a es el número de operadores

\overline{R}_i es el rango promedio de cada operador

8. Se calcula la medición promedio de cada operador utilizando la ecuación 37.

$$\overline{x}_i = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^{bn} x_i \quad (37)$$

donde

b es el número de partes

n es el número de medidas para cada parte por cada operador

x_i es cada una de las medidas del operador

9. Se calcula la diferencia entre el promedio mayor y el promedio menor de los operadores por medio de la ecuación 38.

$$\bar{x}_D = \bar{x}_{im\acute{a}x} - \bar{x}_{im\acute{i}n} \quad (38)$$

donde

$\bar{x}_{im\acute{a}x}$ es el promedio mayor

$\bar{x}_{im\acute{i}n}$ es el promedio menor

10. Se calcula el valor de la repetibilidad de las mediciones [15] utilizando la ecuación 39.

$$Repetibilidad = \frac{5,15\bar{\bar{R}}}{d_2} \quad (39)$$

donde

d_2 es una constate que depende del número de partes por operador ($Z = ab$) y del número de medidas por operador ($W = n$). (Ver Cuadro 43 del Apéndice A)

$\bar{\bar{R}}$ es el rango promedio de todos los rangos

11. Se calcula el porcentaje de la repetibilidad empleando la ecuación 40.

$$\%Repetibilidad = \frac{Repetibilidad}{T} \times 100 \% \quad (40)$$

donde

T es la tolerancia de la característica medida

12. Se calcula el valor de la reproducibilidad [15] por medio de la ecuación 41.

$$Reproducibilidad = \sqrt{\left(\frac{5,15 \bar{x}_D}{d_2}\right)^2 - \frac{Repetibilidad^2}{bn}} \quad (41)$$

donde

d_2 es una constante que depende de ($Z = 1$) y del número de operadores ($W = a$). (Ver Cuadro 43 del Apéndice A).

\bar{x}_D es la diferencia entre el promedio mayor y el promedio menor de los operadores

b es el número de partes medidas

n es el número de medidas para cada parte por cada operador

Nota: Si el valor dentro de la raíz es un número negativo, el valor de la reproducibilidad se considera como cero.

13. Se calcula el porcentaje de la reproducibilidad empleando la ecuación 42.

$$\%Reproducibilidad = \frac{Reproducibilidad}{T} \times 100 \% \quad (42)$$

donde

T es la tolerancia de la característica medida

14. Se calcula la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad [14] mediante la ecuación 43.

$$r\&R = \sqrt{(Repetibilidad)^2 + (Reproducibilidad)^2} \quad (43)$$

15. Se calcula el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad mediante la ecuación 44.

$$\%r\&R = \sqrt{(\%Repetibilidad)^2 + (\%Reproducibilidad)^2} \quad (44)$$

16. Se interpretan los resultados obtenidos por medio de los siguientes criterios [14]:

- Si $\%R < 10\%$ el sistema de medición es aceptable.
- Si $10\% \leq \%R \leq 30\%$ el sistema puede ser aceptable según su uso, aplicación, costo del instrumento de medición, costo de reparación.
- Si $\%R > 30\%$ el sistema de medición se considera no aceptable y requiere de mejoras en cuanto al operador, equipo, método, condiciones, etc.

Ejemplo 15: En el Cuadro 19 se muestran los datos en centímetros (cm) de la longitud del diámetro de las roscas para cierto tornillo tomados por tres operadores al realizar dos mediciones de cada uno de ellos. Si la tolerancia del diámetro para este tipo de roscas es de $0,4\text{ cm}$, determine si el sistema de medición es o no aceptable.

Parte	Operador					
	A (cm)		B (cm)		C (cm)	
	Prueba1	Prueba2	Prueba1	Prueba2	Prueba1	Prueba2
1	0,65	0,60	0,55	0,55	0,5	0,55
2	1,00	1,00	1,05	0,95	1,05	1,00
3	0,85	0,95	0,80	0,75	0,80	0,80
4	0,85	0,95	0,80	0,75	0,80	0,80
5	0,55	0,45	0,40	0,40	0,45	0,50
6	1,00	1,00	1,00	1,05	1,00	1,05
7	0,95	0,95	0,95	0,90	0,95	0,95
8	0,85	0,80	0,75	0,70	0,80	0,80
9	1,00	1,00	1,00	0,95	1,05	1,05
10	0,6	0,7	0,55	0,50	0,85	0,80

Cuadro 19: Datos para el Ejemplo 15

Solución: Calculando el rango para cada prueba por medio de la ecuación 32, se tiene el Cuadro 20.

Parte	$R \text{ (cm)}$		
	A	B	C
1	0,05	0	0,05
2	0	0,10	0,05
3	0,1	0,05	0
4	0,10	0,05	0
5	0,10	0	0,05
6	0	0,05	0,05
7	0	0,05	0
8	0,05	0,05	0
9	0	0,05	0
10	0,10	0,05	0,05

Cuadro 20: Rangos de cada una de las partes del Ejemplo 15

Calculando el rango promedio para cada operador utilizando la ecuación 33, se tiene:

$$\overline{R_A} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i = 0,05 \text{ cm}$$

$$\overline{R_B} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i = 0,05 \text{ cm}$$

$$\overline{R_C} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i = 0,03 \text{ cm}$$

Calculando el rango promedio de todos los rangos con la ecuación 36, se tiene:

$$\overline{\overline{R}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \overline{R_i} = 0,04 \text{ cm}$$

Calculando la medición promedio de cada operador por medio de la ecuación 37, se tiene:

$$\overline{x_A} = \frac{1}{(10)(2)} \sum_{i=1}^{20} x_i = 0,84 \text{ cm}$$

$$\overline{x_B} = \frac{1}{(10)(2)} \sum_{i=1}^{20} x_i = 0,77 \text{ cm}$$

$$\overline{x_C} = \frac{1}{(10)(2)} \sum_{i=1}^{20} x_i = 0,83 \text{ cm}$$

Calculando la diferencia entre el promedio mayor y menor utilizando la ecuación 38, se tiene:

$$\bar{x}_D = 0,07 \text{ cm}$$

Con:

$$Z = (10) (3) = 30 \quad \text{y} \quad W = 2$$

se obtiene d_2 del Cuadro 42:

$$d_2 = 1,128$$

Utilizando la ecuación 39, se tiene que la repetibilidad es:

$$Repetibilidad = \frac{(5,15) (0,04)}{1,128} = 0,18 \text{ cm}$$

El porcentaje de la repetibilidad utilizando la ecuación 40, es:

$$\%Repetibilidad = \frac{0,18}{0,4} \times 100 \% = 45,00 \%$$

Con:

$$Z = 1 \quad \text{y} \quad W = 3$$

se obtiene d_2 del Cuadro 42:

$$d_2 = 1,91$$

Utilizando la ecuación 41, se tiene que la reproducibilidad es:

$$Reproducibilidad = \sqrt{\left(\frac{(5,15) (0,07)}{1,91}\right)^2 - \frac{(0,18)^2}{(10) (2)}} = 0,18 \text{ cm}$$

El porcentaje de la reproducibilidad utilizando la ecuación 42, es:

$$\%Reproducibilidad = \frac{0,18}{0,4} \times 100 \% = 45,0 \%$$

Calculando la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad mediante la ecuación 43, se tiene:

$$r\&R = \sqrt{(0,18)^2 + (0,18)^2} = 0,25 \text{ cm}$$

El porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad calculado por medio de la ecuación 35, es:

$$\%r\&R = \sqrt{(45,00)^2 + (45,00)^2} = 63,6 \%$$

Como el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad $\%r\&R$ es mayor a 30 % se puede concluir que el sistema de medición no es aceptable.

2.2.6.3. Método Anova

El método Anova, conocido también como análisis de varianza es el método más exacto para calcular la variabilidad de un sistema de medición porque posee la ventaja de cuantificar además de la variación debida por cada uno de los operadores y la variación debida por los instrumentos utilizados a la variación debida a la interacción entre los operadores y las partes.

Este método está basado en la técnica estadística utilizada para analizar los efectos de los diferentes factores en el diseño de experimentos.

Para el caso de un laboratorio de metrología, este experimento consiste en que varios operadores midan con diferentes equipos los puntos de calibración más significativos, por esta razón es muy importante considerar todos los factores que intervienen dentro de esta actividad para poder calcular la variación que cada uno de éstos aporta dentro del proceso.

El análisis de varianza para un sistema de medición se debe realizar para estudiar simultáneamente los efectos de dos fuentes de variación: Operadores y Partes.

La Tabla de Anova para este tipo de sistemas es la que se muestra en el Cuadro 21.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Operador	SSA	$a - 1$	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$
Partes	SSB	$b - 1$	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$
Interacción	$SSAB$	$(a - 1)(b - 1)$	$MSAB = \frac{SSAB}{(a-1)(b-1)}$
Error	SSE	$ab(n - 1)$	$MSE = \frac{SSE}{ab(n-1)}$
Total	SST	$N - 1$	

Cuadro 21: Tabla para el Anova de dos factores

donde

a es el número de operadores

b es el número de partes

n es el número de medidas para cada parte por cada operador

N es el número total de datos

Los pasos que se deben seguir para realizar la Tabla del Anova de dos factores son [16]:

1. Se calcula la suma total de todos los datos, como lo muestra la ecuación 45.

$$T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n x_{ijk} \quad (45)$$

donde

x_{ijk} es cada uno de los datos del experimento

2. Se calcula la suma del cuadrado de todos los datos por medio de la ecuación 46.

$$T_x^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 \quad (46)$$

donde

x_{ijk} es cada uno de los datos del experimento

3. Se calcula la suma de los cuadrados totales de las combinaciones de factores dividido por el tamaño muestral respectivo como lo muestra la ecuación 47.

$$T_c^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T_{ij}^2 \quad (47)$$

donde

T_{ij} es la suma de los datos de cada parte por cada operador

4. Se calcula la suma de los totales para el factor 1 (Operadores) y se divide por su espacio muestral respectivo por medio de la ecuación 48.

$$T_1^2 = \frac{1}{bn} \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n T_{jk}^2 \quad (48)$$

donde

T_{jk} es la suma de los datos para cada operador

5. Se calcula la suma de los totales para el factor 2 (Partes) y se divide por su tamaño muestral respectivo por medio de la ecuación 49.

$$T_2^2 = \frac{1}{an} \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n T_{ik}^2 \quad (49)$$

donde

T_{ik} es la suma de los datos para cada parte

6. Se calculan las sumas de los cuadrados necesarias por medio de las ecuaciones 50, 51, 52, 53 y 54.

$$SST = T_x^2 - \frac{T^2}{N} \quad (50)$$

$$SSE = T_x^2 - T_c^2 \quad (51)$$

$$SSA = T_1^2 - \frac{T^2}{N} \quad (52)$$

$$SSB = T_2^2 - \frac{T^2}{N} \quad (53)$$

$$SSAB = T_c^2 + \frac{T^2}{N} - T_1^2 - T_2^2 \quad (54)$$

Después de obtener la Tabla del Anova, se procede a calcular la variación del sistema de medida, siguiendo los siguientes pasos:

1. La repetibilidad del sistema de medida [15] está dada por la ecuación 55.

$$Repetibilidad = 5,15\sqrt{MSE} \quad (55)$$

2. El porcentaje de repetibilidad se calcula por medio de la ecuación 40.

3. La reproducibilidad del sistema de medida [15] está dada por la ecuación 56.

$$Reproducibilidad = 5,15\sqrt{\frac{MSA - MSAB}{bn}} \quad (56)$$

Nota: Si en algún caso el término de la raíz es un número negativo, la reproducibilidad se asume como cero.

4. El porcentaje de reproducibilidad se calcula por medio de la ecuación 42.

5. La interacción entre los operadores y las partes [15] se calcula por medio de la ecuación 57.

$$I = 5,15\sqrt{\frac{MSAB - MSE}{n}} \quad (57)$$

Nota: Si en algún caso el término de la raíz es un número negativo, la interacción entre operadores y partes se asume como cero.

6. El porcentaje de la interacción entre los operadores y las partes se calcula por medio de la ecuación 58.

$$\%I = \frac{I}{T} \times 100 \% \quad (58)$$

donde T es la tolerancia de la característica medida.

7. La relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad está dada por la ecuación 59.

$$r\&R = \sqrt{(Repetibilidad)^2 + (Reproducibilidad)^2 + (I)^2} \quad (59)$$

8. El porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad [15] está dada por la ecuación 60.

$$\%r\&R = \sqrt{(\%Repetibilidad)^2 + (\%Reproducibilidad)^2 + (\%I)^2} \quad (60)$$

9. Se interpretan los resultados aplicando los mismos criterios que se utilizan cuando se realiza un estudio $r\&R$ por medio del método del promedio y el rango²¹.

Ejemplo 16: Por medio de los datos del Ejemplo 15, determine la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad utilizando el método de Anova.

Solución: Los datos dados por el ejemplo son:

$$a = 3 \quad b = 10 \quad n = 2 \quad N = 60$$

Utilizando la ecuación 45, la suma total de datos es:

$$T = 48,6$$

La suma del cuadrado de todos los datos calculada por medio de la ecuación 46, es:

$$T_x^2 = 41,64$$

Calculando la suma de los cuadrados totales utilizando la ecuación 47, se tiene:

$$T_c^2 = 41,59$$

La suma de los totales para el factor 1 (Operadores), usando la ecuación 48, es:

$$T_1^2 = 39,42$$

La suma de los totales para el factor 2 (Partes), por medio de la ecuación 49, es:

$$T_2^2 = 41,43$$

²¹Ver sección 2.2.6.2.

Las sumas de los cuadrados calculadas por medio de las ecuaciones 50, 51, 52, 53 y 54, son:

$$SSA = 0,055$$

$$SSB = 2,06$$

$$SSAB = 0,112$$

$$SSE = 0,042$$

$$SST = 2,269$$

La Tabla de Anova para este ejemplo es el Cuadro 22:

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Operador	0,055	2	0,027
Partes	2,06	9	0,229
Interacción	0,112	18	0,006
Error	0,042	30	0,001
Total	2,269	59	

Cuadro 22: Tabla para del Anova del Ejemplo 16

La repetibilidad del sistema de medida calculada por medio de la ecuación 55, es:

$$Repetibilidad = 5,15\sqrt{0,001} = 0,194 \text{ cm}$$

El porcentaje de repetibilidad calculado por medio de la ecuación 40, es:

$$\%Repetibilidad = \frac{0,194}{0,4} \times 100\% = 48,46\%$$

La reproducibilidad del sistema de medida calculada por la ecuación 56, es:

$$Reproducibilidad = 5,15\sqrt{\frac{0,027 - 0,001}{(10)(2)}} = 0,186 \text{ cm}$$

El porcentaje de reproducibilidad calculado por medio de la ecuación 42, es:

$$\%Reproducibilidad = \frac{0,186}{0,4} \times 100\% = 46,38\%$$

La interacción entre los operadores y las partes calculada por medio de la ecuación 57, es:

$$I = 5,15 \sqrt{\frac{0,006 - 0,001}{2}} = 0,252 \text{ cm}$$

El porcentaje de interacción, calculado por medio de la ecuación 58, es:

$$\%I = \frac{0,252}{0,4} \times 100 \% = 63,08 \%$$

La relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad calculada por la ecuación 59, es:

$$r\&R = \sqrt{(0,194)^2 + (0,186)^2 + (0,252)^2} = 0,368$$

El porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad calculado por la ecuación 60, es:

$$\%r\&R = \sqrt{(48,46)^2 + (46,38)^2 + (63,08)^2} = 92,08 \%$$

Como el porcentaje de la relación entre la repetibilidad y la reproducibilidad es mayor al 30 %, el sistema de medición no es aceptable.

Después de analizar la información que resulta del estudio de repetibilidad y reproducibilidad, se pueden evaluar las posibles causas que originan la variación del sistema o del instrumento:

- Si la repetibilidad es mayor a la reproducibilidad las posibles causas son:
 - El instrumento necesita mantenimiento.
 - El equipo requiere ser rediseñado para ser más rígido.
 - El montaje o ubicación donde se efectúan las mediciones necesita ser mejorado.
 - Existe una variabilidad excesiva entre las partes.

- Si la reproducibilidad es mayor que la repetibilidad, las causas pueden ser:
 - El operador necesita mejor entrenamiento en como utilizar y como leer el instrumento.
 - La indicación del instrumento no es clara.
 - No se han mantenido condiciones de reproducibilidad (ambientales, montaje, fluidos, etc.).
 - El instrumento de medición presenta deriva.

2.2.7. Comparación entre Laboratorios

La comparación entre laboratorios²², es una actividad que se realiza con el fin de validar métodos, obtener trazabilidad de las mediciones y asegurar la calidad de los resultados de ensayo y calibración.

Es muy importante que cualquier laboratorio de metrología cumpla con la Norma NTC IEC 17025 [5] para que pueda ser un laboratorio competente, y para que además pueda prestar un servicio con calidad y eficiencia; por tal razón es indispensable que cuente con procedimientos que le permitan implementar cada uno de los requisitos de esta norma que se mencionan a continuación:

- *Numeral 5.4.5.2*, El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, métodos diseñados/desarrollados por el laboratorio, métodos normalizados fuera de su alcance propuesto, y ampliaciones y modificaciones de métodos normalizados para confirmar que se ajustan al uso propuesto.

Nota 2), La técnica empleada para determinar el desempeño de un método deberían ser una, o una combinación, de las siguientes:

- Comparaciones entre laboratorios

²²También llamada intercomparación.

- *Numeral 5.6.2.1.1*, Los laboratorios de calibración que mantienen su propio patrón primario o la representación de las unidades del SI basadas en constantes físicas fundamentales, pueden declarar su trazabilidad al SI sólo después de que estos patrones hayan sido comparados, directa o indirectamente, con otros patrones similares de un instituto nacional de metrología.
- *Numeral 5.9*, El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para supervisar la validez de los ensayos y/o calibraciones comprometidas. Esta supervisión debe ser planeada y revisada y puede incluir, pero no limitarse a, lo siguiente:
 - b) Participación en comparaciones entre laboratorios o programas de pruebas de aptitud.

La comparabilidad internacional es un aspecto muy importante en el campo de la metrología y por tal motivo el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) estableció el Arreglo de Reconocimiento Mutuo MRA en octubre de 1999 que se encuentra firmado actualmente por 64 países²³; en este acuerdo, se promueve la comparabilidad de los servicios de calibración y medición que ofrecen los Institutos Nacionales de Metrología (INM) y se proporciona una base técnica para desarrollar acuerdos en materia de comercio internacional. De esta manera, la demostración de la conformidad con respecto a normas, realizada por los laboratorios nacionales, basada en la trazabilidad a los patrones nacionales, contribuye efectivamente a lograr la confianza internacional y a su vez elimina barreras técnicas de comercio.

Existen diferentes niveles de comparación entre laboratorios dependiendo del tipo de laboratorio para el cual se esté realizando dicha actividad.

En la Figura 33 se muestran los diferentes niveles de comparación entre laboratorios [17].

²³45 estados miembros y 17 asociados; 2 organizaciones internacionales. En total 160 laboratorios (INMs más los laboratorios designados) en agosto de 2005.

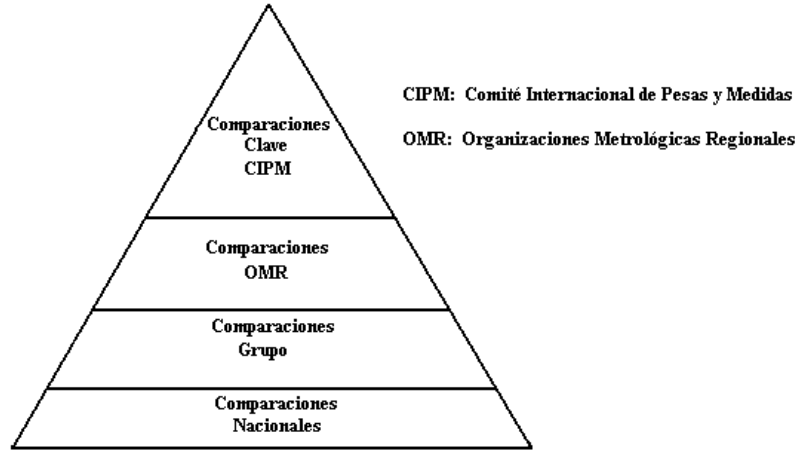


Figura 33: Niveles de Comparación

Para entender la Figura 33, a continuación se explican cada uno de los niveles de comparación, pero se debe tener en cuenta que este trabajo centra su atención en las comparaciones nacionales.

1. *Comparaciones Clave CIPM:* Las comparaciones clave (CK) son organizadas para confirmar la validez de resultados y probar tanto técnicas como métodos.

Estas comparaciones son organizadas por los Comités Consultivos (CC)²⁴ del CIPM y están abiertas a los laboratorios regionales que tengan la mayor experiencia y capacidad técnica. Sus resultados son públicos e identifican a los participantes.

Por medio de las comparaciones clave se asegura que:

- Se prueben todas las técnicas principales del área.
- Los resultados sean claros e inequívocos.
- Los resultados sean fáciles de comparar con los de las comparaciones regionales.
- Las comparaciones sean suficientes en alcance y frecuencia para demostrar y mantener equivalencia entre los laboratorios participantes.

²⁴Estos Comités están formados por expertos y presididos por el CIPM.

- 2. Comparaciones OMR:** Estas comparaciones son organizadas por los comités técnicos de cada región y deben estar ligadas a las comparaciones clave del CIPM a través de laboratorios que participen tanto en las comparaciones del CIPM como en las comparaciones regionales.

Las organizaciones regionales de metrología OMR²⁵ son cinco:

- SIM: Sistema Interamericano de Metrología.
- COOMET: Organización Metrológica Regional de Europa del Este.
- EUROMET: Organización Metrológica Regional de Europa del Este, (A European Collaboration on Measurement Standards).
- SADC: Organización Metrológica Regional de Sur de Africa.
- APMP: Organización Metrológica Regional de Asia - Pacífico.

Las organizaciones metrológicas regionales (OMR), pueden hacer comparaciones suplementarias (CS) con el objetivo de satisfacer aquellas necesidades que no se contemplan en las comparaciones clave y además pueden verificar la capacidad de calibración entre los laboratorios participantes.

- 3. Comparaciones Grupo:** Estas comparaciones se realizan entre los grupos en los cuales se encuentra dividida la organización regional de metrología, para el caso del SIM, éste se divide en 5 grupos que son:

- Noramet: Región de Norteamérica.
- Camet: Región de Centroamérica.
- Carimet: Región del Caribe.
- Andimet: Países Andinos.
- Suramet: Resto de Sudamérica.

Colombia se encuentra dentro de la región Andimet.

²⁵Para el interés de este trabajo se centra la atención en la organización metrológica regional SIM.

4. *Comparaciones Nacionales:* Son las comparaciones que se realizan entre los laboratorios de cada país, estas comparaciones son necesarias para verificar y/o asegurar la “Equivalencia” entre los participantes. Por otra parte, los datos de las mediciones de los laboratorios participantes en la comparación proporcionan información acerca de la incertidumbre de cada uno de los métodos y procedimientos de medición utilizados y del desempeño o comportamiento de los patrones viajeros.

La comparación entre laboratorios se realiza entre otros con los siguientes propósitos:

- Probar la competencia (prueba de aptitud).
- Analizar la reproducibilidad de resultados de medición.
- Probar la equivalencia de los resultados con la referencia y de los resultados entre sí.
- Probar las diferencias entre métodos.

Usualmente el protocolo de una intercomparación requiere la declaración del valor obtenido por el laboratorio, acompañado de su incertidumbre, expresada en una forma también determinada.

El gráfico de intercomparación se realiza por medio de gráficas de desarrollo²⁶ colocando en el eje vertical el promedio (X_i) y la incertidumbre (U_i) expandida de cada laboratorio y en el eje horizontal los laboratorios participantes.

En la Figura 34 se muestra un gráfico típico de intercomparación.

²⁶Explicadas en la sección 2.2.5.2 dentro de las gráficas de Deriva y Estabilidad.

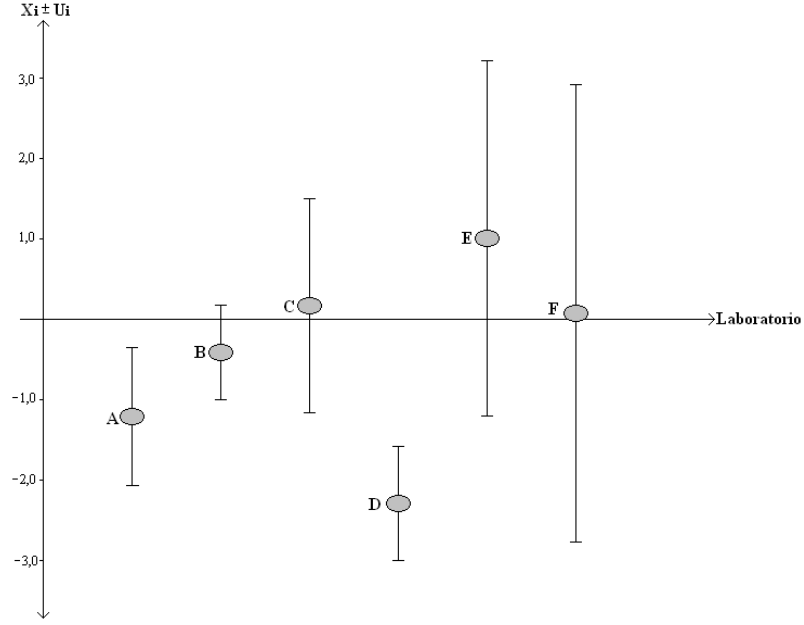


Figura 34: Gráfico Típico de Intercomparación

Dentro de una intercomparación, es muy importante definir el criterio con el cual se van a aceptar o a rechazar los resultados de los participantes; existen diferentes tipos de criterios de aceptación, para elegir uno o varios de éstos, es necesario tener muy claro el objetivo de la comparación y sus características (comparación clave, prueba de aptitud, etc). Los criterios de aceptación más utilizados son:

1. *Criterio de la curva normal:* En este enfoque se determina la aceptación cuando la diferencia entre el mejor estimado de un laboratorio X_i y el promedio de los valores de todos los laboratorios No es mayor al doble del estimado de la desviación estándar de los mejores estimados de todos los laboratorios, matemáticamente se utiliza la ecuación 61 para aplicar este criterio.

$$X_i - \bar{X} \leq 2s \quad (61)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

\bar{X} es el promedio de los resultados de todos los laboratorios

s es la desviación estándar de los resultados de todos los laboratorios

Este criterio proporciona el mismo peso a los resultados de cada laboratorio y no considera la incertidumbre de los mismos; supone que todos los resultados parten de la misma distribución y que dicha distribución presenta una función de densidad de probabilidad normal, por lo tanto no discrimina a priori.

En este enfoque el promedio y la desviación estándar estimados dependen sensiblemente de los resultados de cada laboratorio los cuales pueden considerarse como no aceptables en principio, por esta razón no requiere de un valor de referencia ni de su incertidumbre y esto hace que su poder de discriminación sea bajo.

Ejemplo 17: Los datos del mejor estimado y de la incertidumbre expandida obtenidos al realizar la intercomparación de 6 laboratorios se muestran en el Cuadro 23, ilustre gráficamente el criterio de la curva normal y luego analice los resultados.

Laboratorio	X_i	U_i
A	-1,2	0,9
B	-0,4	0,6
C	0,2	1,3
D	-2,3	0,7
E	1	2,2
F	0,1	2,8

Cuadro 23: Datos para el Ejemplo 17

Solución: Calculando el promedio y la desviación estándar de los laboratorios, se tiene:

$$\bar{X} = -0,4 \quad s = 1,2$$

Graficando se obtiene la Figura 35.

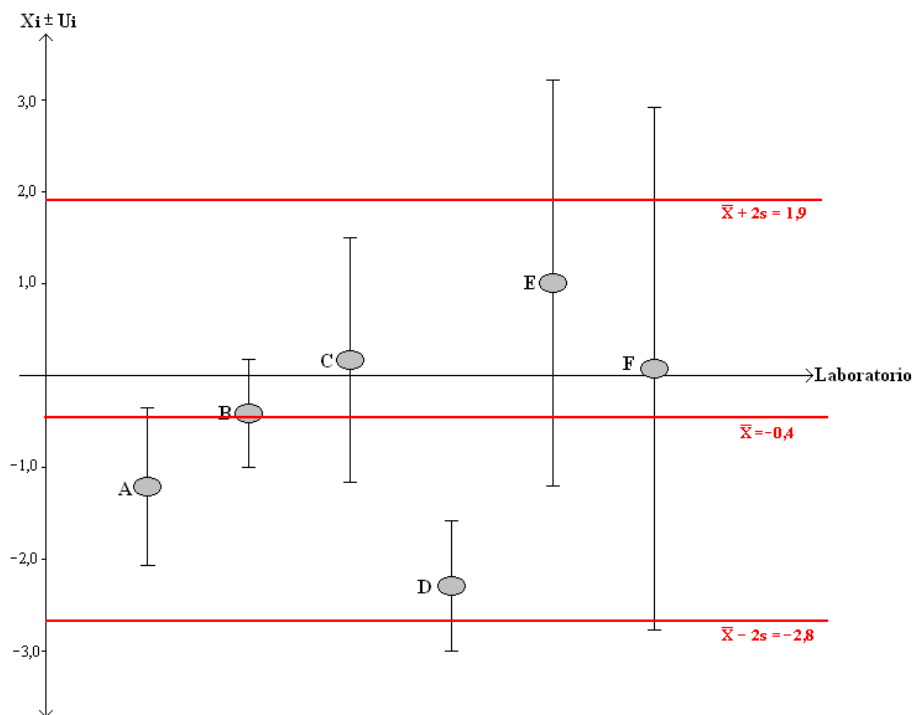


Figura 35: Gráfica de Aplicación del Criterio de la Curva Normal

De la Figura 35 se observa que la distancia entre el estimado X_i y el valor promedio \bar{X} para cualquier laboratorio es menor que el doble de la desviación estándar s , por lo cual se puede concluir que todos los laboratorios cumplen con el criterio de la curva normal.

2. *Criterio de la curva t:* Este criterio incluye el valor de la constante t de Student que se obtiene del Cuadro 44 del Apéndice A una vez se conocen el nivel de confianza²⁷ (p) y los grados de libertad

$$v = N - 1$$

donde

N es el número de laboratorios participantes

²⁷Este valor generalmente es de 95 %.

Este criterio se aplica por medio de la ecuación 62.

$$X_i - \bar{X} \leq ts \quad (62)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

\bar{X} es el promedio de los resultados de todos los laboratorios

t es la constante de Student obtenida del Cuadro 44 del Apéndice A

s es la desviación estándar de los resultados de todos los laboratorios

En este criterio, al igual que en el criterio de la curva normal, tampoco se necesita de un valor de referencia ni de su incertidumbre, pero en este enfoque el poder de discriminación es mucho más bajo que en el anterior.

Ejemplo 18: Utilizando los datos del Ejemplo 17, aplique el criterio de la curva t para ilustrar gráficamente la situación y después analice los resultados.

Solución: El valor del promedio y la desviación estándar son iguales a los del Ejemplo 17:

$$\bar{X} = -0,4 \quad s = 1,2$$

Con:

$$p = 95 \% \quad y \quad v = N - 1 = 6 - 1 = 5$$

se obtiene t del Cuadro 44:

$$t = 2,571$$

En la Figura 36 se muestra gráficamente este criterio.

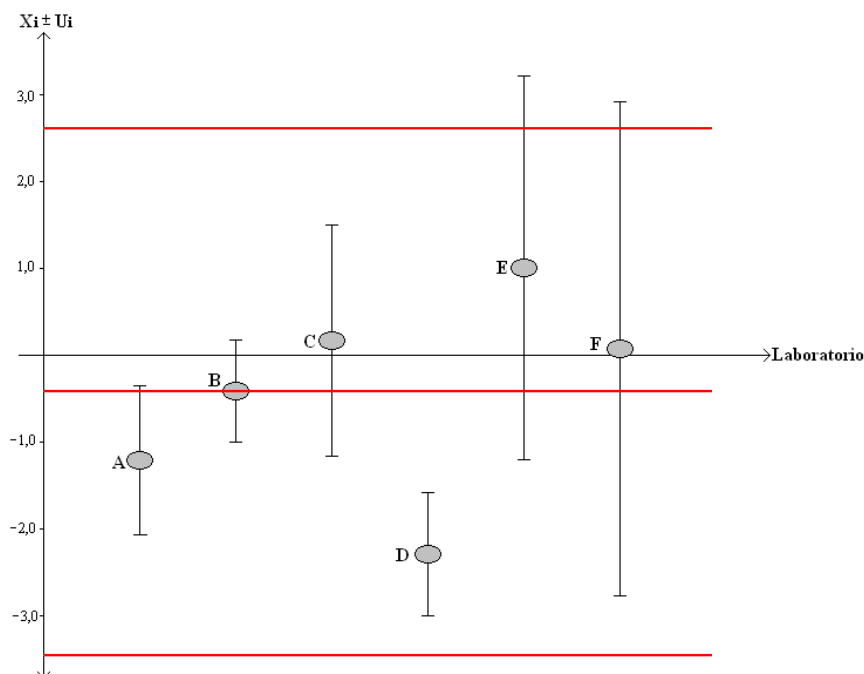


Figura 36: Gráfica de Aplicación del Criterio de la Curva t

Al observar la Figura 36 se observa que la distancia entre el estimado X_i y el valor promedio \bar{X} para cualquier laboratorio es menor que el producto entre la constante t de Student y la desviación estándar s , por lo cual se puede concluir que todos los laboratorios cumplen con el criterio de la curva t .

- 3. Criterios de inclusión:** Este criterio consiste en identificar el cumplimiento de pertenencia o intersección (traslape) de los resultados de los laboratorios con el valor de referencia y su incertidumbre²⁸.

De manera general se encuentran dentro de este enfoque los siguientes tres criterios:

²⁸El valor de referencia y su incertidumbre son establecidos por el laboratorio piloto.

- a) Que el mejor estimado del laboratorio se encuentre en el intervalo asociado al valor de referencia y su incertidumbre, matemáticamente se expresa por medio de la ecuación 63.

$$X_i \in X_{ref} \pm U_{ref} \quad (63)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

X_{ref} es el valor de referencia

U_{ref} es la incertidumbre expandida del valor de referencia

Este criterio es el más estricto de los tres.

- b) Que el valor de referencia esté en el intervalo asociado al valor del laboratorio y su respectiva incertidumbre, matemáticamente se expresa por medio de la ecuación 64.

$$X_{ref} \in X_i \pm U_i \quad (64)$$

donde

X_{ref} es el valor de referencia

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

U_i es la incertidumbre expandida del resultado del laboratorio i

- c) Que ambos intervalos se traslapen. Es el criterio más relajado y matemáticamente se utiliza la ecuación 65.

$$(X_i \pm U_i) \cap (X_{ref} \pm U_{ref}) \neq \emptyset \quad (65)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

U_i es la incertidumbre expandida del resultado del laboratorio i

X_{ref} es el valor de referencia

U_{ref} es la incertidumbre expandida del valor de referencia

Ejemplo 19: Utilizando los datos del Ejemplo 17 y los valores de referencia dados a continuación, aplique los criterios de inclusión para ilustrar gráficamente la situación y analice los resultados.

$$X_{ref} = 0 \quad U_{ref} = 0,7$$

Solución: En la Figura 37 se ilustra gráficamente la situación.

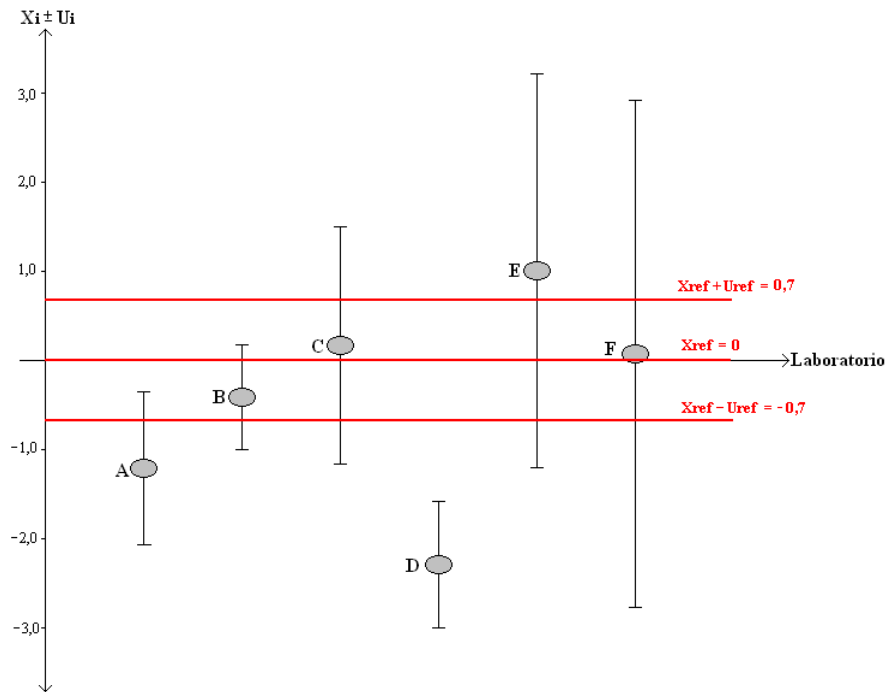


Figura 37: Gráfica de Aplicación para los Criterios de Inclusión

De la Figura 37 se observa que el criterio a) no lo cumplen los laboratorios A, D y E; el criterio b) no lo cumplen los laboratorios A y D y el criterio c) no lo cumple el laboratorio D.

4. *Criterio del error normalizado*: Este criterio es uno de los más utilizados, requiere de un valor de referencia y de su incertidumbre los cuales son establecidos comúnmente por el laboratorio piloto. Para aplicar este criterio, se tienen en cuenta las siguientes suposiciones:

- Los errores de los laboratorios respecto al valor de referencia siguen una curva normal.
- Las incertidumbres de los errores, del valor de referencia y de los valores de los laboratorios están expresados con el mismo factor de cobertura, usualmente igual a 2. Esto supone que la desviación estándar de la función de distribución de probabilidad de errores es la mitad del denominador del error normalizado e_n .
- La correlación entre los valores de los participantes es nula. Frecuentemente esta hipótesis no se cumple, especialmente cuando los instrumentos de medida son calibrados con el mismo patrón.

El error normalizado se calcula por medio de la ecuación 66.

$$e_n = \frac{X_i - X_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (66)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

X_{ref} es el valor de referencia

U_i es la incertidumbre expandida del resultado del laboratorio i

U_{ref} es la incertidumbre expandida del valor de referencia

El criterio de aceptación implica que el error con respecto a la referencia debe ser menor o igual a la incertidumbre de ese error, matemáticamente está dado por la ecuación 67.

$$|e_n| \leq 1 \quad (67)$$

Para la aplicación de este criterio es indispensable conocer los valores de referencia X_{ref} y U_{ref} , en este enfoque se propicia un aumento de la incertidumbre U_i para ser aceptado y por tal razón puede inducir a la aceptación inapropiada de resultados. Cada participante debe observar un comportamiento ético al respecto.

Ejemplo 20: Utilizando los datos del Ejemplo 19 calcule el error normalizado para cada laboratorio, grafique y analice los resultados.

Solución: Graficando se obtiene la Figura 38.

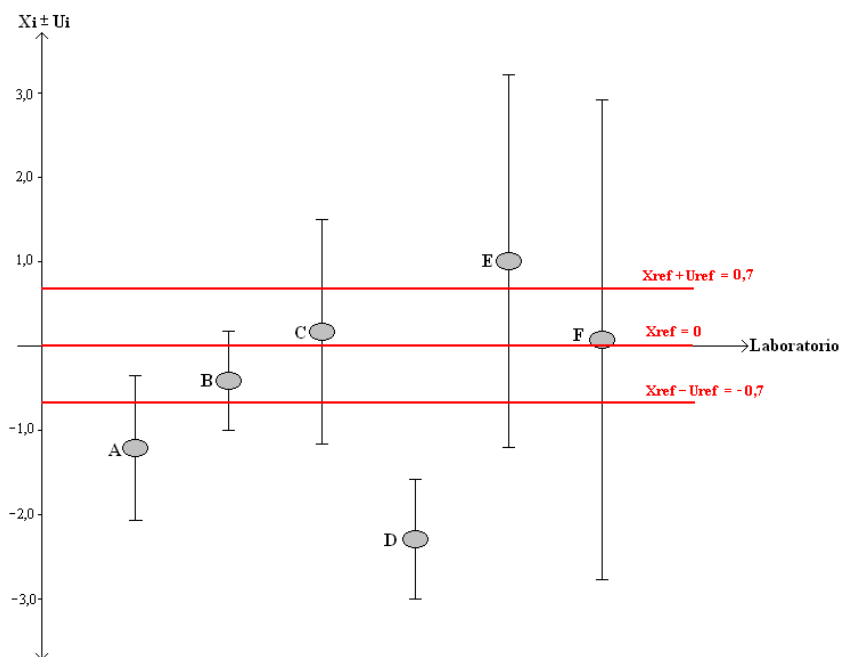


Figura 38: Gráfica de Aplicación para el Criterio del Error Normalizado

Por medio de la ecuación 66 se calcula el error normalizado para cada laboratorio y se obtiene el Cuadro 24.

Laboratorio	e_n
A	-1,1
B	-0,4
C	0,1
D	-2,3
E	0,4
F	0,0

Cuadro 24: Datos del error normalizado

Observando el Cuadro 24 y la Figura 38 se puede concluir que los laboratorios A y D no satisfacen este criterio.

- 5. Criterio del error cuadrático medio:** Este criterio combina el error respecto al valor de la referencia y la desviación estándar asociada a la repetibilidad, dicha combinación se compara con un número C^{29} de veces la incertidumbre expandida del valor de referencia. El error cuadrático medio (ecm) se calcula por medio de la ecuación 68.

$$ecm = \sqrt{b^2 + s^2} \quad (68)$$

donde

$$b = |X_{ref} - X_i|$$

y

s es la desviación estándar de las mediciones independientes del laboratorio

El criterio de aceptación se aplica utilizando la ecuación 69.

$$\frac{ecm}{U_{ref}} \leq C \quad (69)$$

donde

$$C \approx 1,5$$

²⁹ C depende del tipo de prueba que se realice

Para este enfoque se requiere la incertidumbre del valor de referencia pero no la de los laboratorios participantes. Este criterio es muy sensible al tipo de prueba de que se trate: Si la desviación estándar contribuye poco en forma relativa a la incertidumbre, pueden ocurrir sesgos al aplicar el criterio de aceptación. Por ejemplo, en una prueba para la cual la incertidumbre dependa mayoritariamente de la incertidumbre de un patrón, o por ejemplo un material de referencia, como los resultados de los participantes no la consideran pero si contribuye a la incertidumbre del valor de referencia, el criterio puede enmascarar el desempeño real de los participantes.

Ejemplo 21: En el Cuadro 25 se tienen los datos obtenidos para el mejor estimado, la incertidumbre expandida y la desviación estándar de cada uno de los laboratorios que participaron en una intercomparación. Utilizando los valores de referencia: $X_{ref} = 0$ y $U_{ref} = 0,7$ y el criterio del error normalizado grafique y analice los resultados.

Laboratorio	X_i	U_i	s_i
A	-1,2	0,9	0,5
B	-0,4	0,6	0,3
C	0,2	1,3	0,7
D	-2,3	0,7	0,3
E	1	2,2	1,0
F	0,1	2,8	1,2

Cuadro 25: Datos para el Ejemplo 21

Solución: Por medio de la ecuación 68 se calcula el error cuadrático medio para cada laboratorio y se obtiene el Cuadro 26.

Laboratorio	ecm
A	1,3
B	0,5
C	0,7
D	2,3
E	1,4
F	1,2

Cuadro 26: Datos del error cuadrático medio de cada laboratorio

Graficando se obtiene la Figura 39.

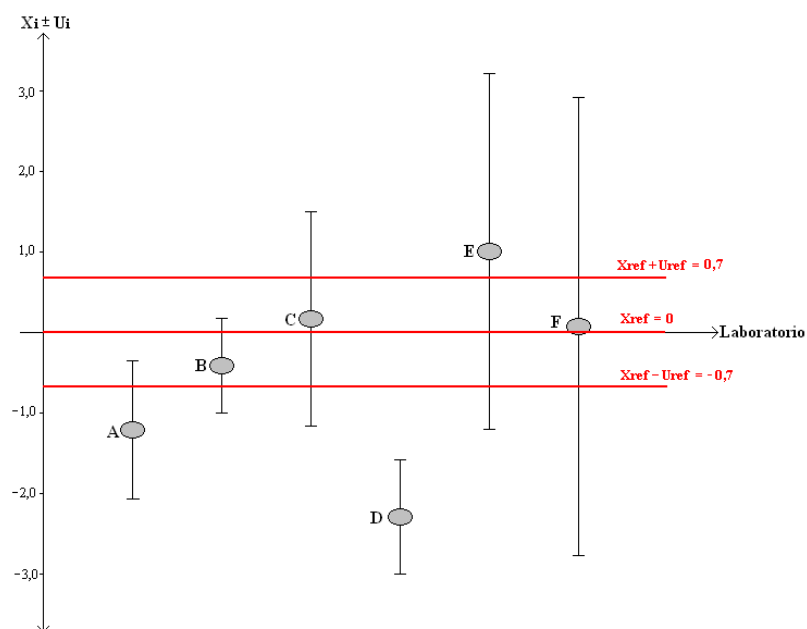


Figura 39: Gráfica de Aplicación para el Criterio del Error Cuadrático Medio

Observando el Cuadro 26 y la Figura 39 se puede concluir que el laboratorio D no satisface este criterio.

6. El método “GUM”: Este criterio puede establecer el valor de referencia de dos formas diferentes:

- a) El valor de referencia se estima como el promedio de los estimados de cada laboratorio y la incertidumbre estándar de ese valor se estima de acuerdo a la GUM³⁰[18].

³⁰Guía para la estimación de la incertidumbre en la medición, publicada por ISO en el año 1993.

En este caso, el valor de referencia es muy sensible a los outliers³¹ y se supone que no hay correlación entre los resultados de los participantes.

Los valores del mejor estimado X_{ref} y de su incertidumbre estándar u_{ref} , se calculan por medio de las ecuaciones 70 y 71.

$$X_{ref} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (70)$$

$$u_{ref} = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2} \quad (71)$$

donde

N es el número de participantes en la comparación

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

u_i es la incertidumbre estándar del laboratorio i

Ejemplo 22: Utilizando nuevamente los datos del Ejemplo 17 y el método GUM grafique y analice la situación.

Solución: Como los datos del Ejemplo 17 sólo proporcionan la incertidumbre expandida, es necesario calcular la incertidumbre estándar³² para cada uno de los laboratorios, en el Cuadro 27 se tienen los datos con esta incertidumbre.

Laboratorio	X_i	u_i
A	-1,2	0,35
B	-0,4	0,23
C	0,2	0,51
D	-2,3	0,27
E	1	0,86
F	0,1	1,09

Cuadro 27: Datos del Ejemplo 17 con la incertidumbre estándar

³¹Un outlier es una observación que numéricamente difiere del resto de las observaciones.

³² $u_i = \frac{U_i}{t}$ con $t = 2,571$

Usando las ecuaciones 70 y 71, se obtienen el valor de referencia y su incertidumbre:

$$X_{ref} = -0,4 \quad u_{ref} = 1,6$$

En la Figura 40, se muestra este caso particular del método GUM.

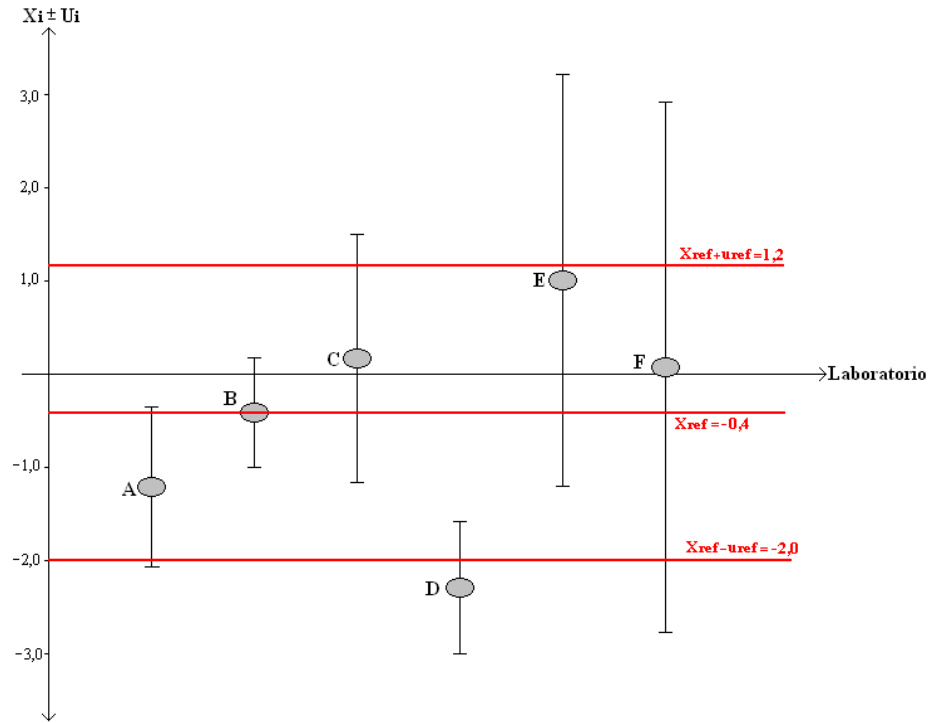


Figura 40: Gráfica de Aplicación para el Método GUM, caso a).

De la Figura 40 se observa que el laboratorio que se encuentra por fuera de los límites $X_{ref} \pm u_{ref}$ es el laboratorio D.

- b) El valor de referencia se estima como el promedio ponderado, es decir el promedio de los valores de los participantes pesados con el inverso de sus respectivas varianzas.

Este caso particular del método GUM, conserva la sensibilidad a los outliers, pero es más equitativo a las bondades de los resultados de cada participante en términos de sus incertidumbres y además depende de que las incertidumbres de los participantes sean confiables.

Las ecuaciones que se utilizan en este caso, son las ecuaciones 72 y 73.

$$X_{ref} = \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_i}{U_i^2} \right) \cdot U_{ref}^2 \quad (72)$$

$$U_{ref} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{U_i^2}}} \quad (73)$$

donde

N es el número de participantes en la comparación

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

U_i es la incertidumbre expandida del laboratorio i

Ejemplo 23: Utilizando los datos del Ejemplo 17 y el método GUM grafique y analice la situación.

Solución: Utilizando las ecuaciones 72 y 73, se tiene que el valor de referencia y su incertidumbre son:

$$X_{ref} = -1,0 \quad U_{ref} = 0,4$$

Graficando se obtiene la Figura 41.

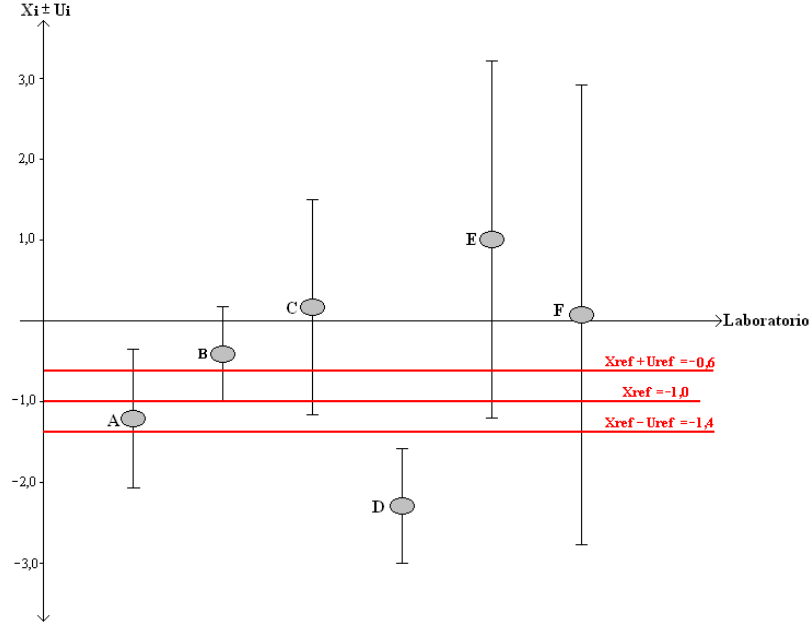


Figura 41: Gráfica de Aplicación para el Método GUM, caso b).

De la Figura 41 se observa que los laboratorios que se encuentran por fuera de los límites $X_{ref} \pm U_{ref}$ son el B, el C, el D, el E y el F.

- 7. El método del BIPM:** Para este método la incertidumbre de referencia U_{ref} no se estima estrictamente de acuerdo con la GUM.

El BIPM calcula el grado de equivalencia D_i para cada Instituto Nacional de Metrología y su incertidumbre U_k por medio de las ecuaciones 74 y 75.

$$D_i = X_i - X_{ref} \quad (74)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

X_{ref} es el valor de referencia calculado por medio de la ecuación 72

$$U_k = \sqrt{U_i^2 - U_{ref}^2} \quad (75)$$

donde

U_i es la incertidumbre expandida del laboratorio i

U_{ref} es la incertidumbre expandida calculada por medio de la ecuación 73

El grado de equivalencia entre dos Institutos Nacionales de Metrología D_{ij} y su incertidumbre U_{ij} se calculan utilizando las ecuaciones 76 y 77.

$$D_{ij} = X_i - X_j \quad (76)$$

donde

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

X_j el mejor estimado del laboratorio j

$$U_{ij} = \sqrt{U_i^2 + U_j^2} \quad (77)$$

donde

U_i es la incertidumbre expandida del laboratorio i

U_j es la incertidumbre expandida del laboratorio j

Las magnitudes D_{ij} miden las equivalencias entre pares de laboratorio, su incertidumbre supone que las mediciones no están correlacionadas.

La equivalencia entre dos resultados es mejor mientras ésta tienda a cero. El valor de su incertidumbre indica la duda que se pueda tener con respecto a esta afirmación.

Ejemplo 24: Con los datos del Ejemplo 17, utilice el método del BIPM para graficar y analizar los resultados de esta intercomparación.

Solución: Calculando los valores de referencia por medio de las ecuaciones 72 y 73, se tiene:

$$X_{ref} = -1,0 \quad U_{ref} = 0,4$$

Calculando el grado de equivalencia D_i y su respectiva incertidumbre U_k por medio de las ecuaciones 74 y 75, se obtiene el Cuadro 28.

Laboratorio	X_i	U_i	D_i	U_k
A	-1,2	0,9	-0,2	0,8
B	-0,4	0,6	0,6	0,5
C	0,2	1,3	1,2	1,2
D	-2,3	0,7	-1,3	0,6
E	1	2,2	2,0	2,2
F	0,1	2,8	1,1	2,8

Cuadro 28: Grados de equivalencia del Ejemplo 23

Graficando se obtiene la Figura 42.

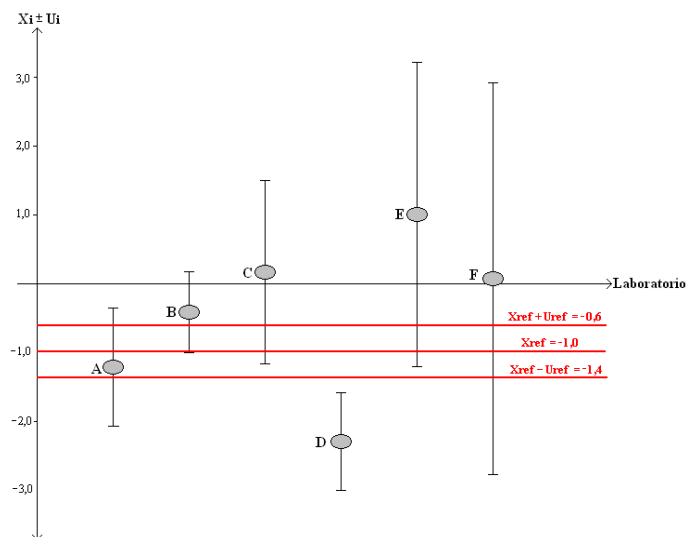


Figura 42: Gráfica de Aplicación para el Método BIPM

De la Figura 42 se observa que el laboratorio D presenta una diferencia grande con respecto al grupo, sin embargo influye considerablemente sobre el valor de referencia X_{ref} puesto que su incertidumbre es muy reducida.

Calculando los grados de equivalencia D_{ij} y su respectiva incertidumbre U_{ij} entre pares de laboratorio por medio de las ecuaciones 76 y 77, se obtiene el Cuadro 29.

i/j	B	C	D	E	F
A	-0,8	-1,4	1,1	-2,2	-1,3
	1,08	1,58	1,14	2,38	2,94
B		-0,6	1,9	-1,4	-0,5
		1,43	0,92	2,28	2,86
C			2,5	-0,8	0,1
			1,48	2,56	3,09
D				-3,3	-2,4
				2,31	2,89
E					0,9
					3,56

Cuadro 29: Grados de equivalencia entre pares de laboratorio del Ejemplo 23

Del Cuadro 29 se observa que los resultados poco concordantes son el B y el D, o el D y el E muestran una diferencia grande con incertidumbre relativamente pequeña, lo que significa que existe una alta seguridad de que estos datos son diferentes.

Otra forma de desarrollar este método es tomando como valor de referencia la mediana de los valores de los laboratorios participantes y su respectiva incertidumbre debe calcularse numéricamente de alguna otra manera, un ejemplo podría ser por remuestreo.

8. *Método de mínimos cuadrados* [19]: Este método consiste en una optimización que incluye a todo el grupo de laboratorios participantes. Es utilizado cuando los equipos o instrumentos empleados en la comparación presentan deriva. En el desarrollo de este trabajo, se analizará el caso más simple³³.

El modelo matemático para la variable medida es el de la ecuación 78.

$$\hat{X}_i = a + b t_i \quad (78)$$

donde a y b son el intercepto y la pendiente de la recta de regresión que se calculan por medio de las ecuaciones 28 y 29, y t_i es el tiempo que transcurre entre las pruebas³⁴.

Para probar la bondad del ajuste realizado por la recta de mínimos cuadrados, se utiliza el criterio de χ^2 . Matemáticamente este criterio se aplica por medio de la ecuación 79.

$$\chi_{obs}^2 \leq \chi_p^2(Y) \quad (79)$$

donde

$$\chi_{obs}^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{X_i - \hat{X}_i}{u_i} \right)^2 \quad (80)$$

con

X_i es el mejor estimado del laboratorio i

\hat{X}_i es el nuevo mejor estimado por medio de mínimos

cuadrados del laboratorio i

u_i es la incertidumbre estándar del laboratorio i

N es el número de laboratorios participantes

$\chi_p^2(Y)$ se extrae de tablas estadísticas una vez se conoce el nivel de confianza p y los grados de libertad Y .

³³El caso de Regresión Lineal.

³⁴Estos tiempos son iguales y se asumen con un valor de i unidades.

El valor de Y está dado por la ecuación 81.

$$Y = N - q - 1 \quad (81)$$

donde

N es el número de laboratorios participantes

q es el número de parámetros de la curva propuesta (para el caso más simple es igual a 2)

En el Cuadro 30 se muestran los valores más utilizados de χ^2 para las comparaciones con un nivel de confianza del 95 %, es decir $p = 0,95$.

Y	2	3	4	5	6	7	8
χ^2	5,99	7,81	9,49	11,07	12,59	14,07	15,51

Cuadro 30: Valores para aplicar el criterio de mínimos cuadrados

Ejemplo 25: Utilizando los datos del Cuadro 31, utilice el método de mínimos cuadrados para ilustrar gráficamente la recta de regresión y utilice el criterio de bondad del ajuste para analizar la situación.

Laboratorio	X_i	U_i	u_i
A	-1,2	0,9	0,45
B	-0,4	0,6	0,3
C	0,2	1,3	0,65
D	-2,3	0,7	0,35
E	1	2,2	1,1
F	0,1	2,8	1,4

Cuadro 31: Datos del Ejemplo 25

Solución: Para calcular los valores de a y b de la ecuación 78 se realiza el Cuadro 32.

Laboratorio	t_i	X_i	$t_i X_i$	t_i^2
A	1	-1,2	-1,2	1
B	2	-0,4	-0,8	4
C	3	0,2	0,6	9

Laboratorio	t_i	X_i	$t_i X_i$	t_i^2
D	4	-2,3	9,2	16
E	5	1	5	25
F	6	0,1	0,6	36
Σ	21	-2,6	-5	91

Cuadro 32: Datos para el análisis de mínimos cuadrados

Los valores de a y b calculados con las ecuaciones 28 y 29 son:

$$a = -1,25 \quad b = 0,23$$

Calculado los valores de $\widehat{X_i}$ usando la ecuación 78, se obtiene el Cuadro 33.

Laboratorio	t_i	X_i
A	1	-1,02
B	2	-0,79
C	3	-0,56
D	4	-0,33
E	5	-0,1
F	6	0,13

Cuadro 33: Datos de la recta por mínimos cuadrados

Graficando se obtiene la Figura 43.

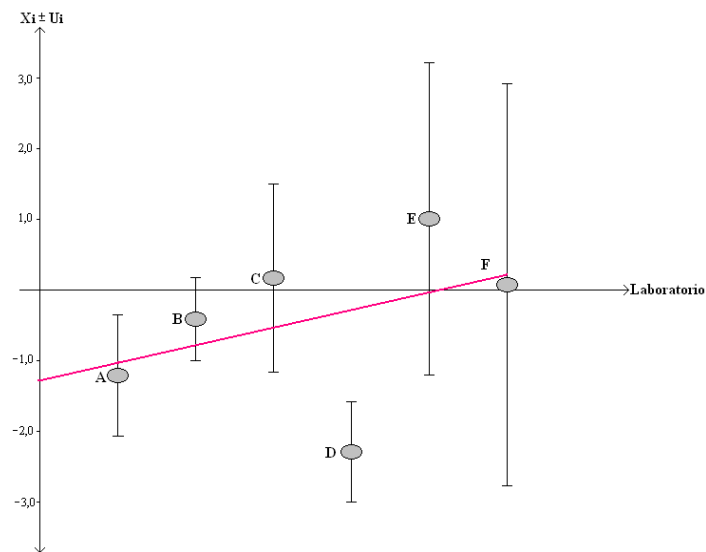


Figura 43: Gráfica de Aplicación del Método de Mínimos Cuadrados

Utilizando la ecuación 80, se tiene:

$$\chi_{obs}^2 = 35,90$$

Utilizando el Cuadro 30, se tiene:

$$\chi_{0,95}^2(3) = 7,81$$

Al aplicar el criterio por medio de la ecuación 79 se observa que

$$\chi_{obs}^2 > \chi_{0,95}^2(3)$$

y por lo tanto esta recta de regresión no es un buen ajuste para este Ejemplo.

9. Determinación de los outliers: Los outliers son observaciones numéricamente diferentes del resto de las observaciones, los criterios que se utilizan para rechazarlos son muchos, pero ninguno es absolutamente seguro. Entre los criterios más utilizados se tienen:

a) Criterio Q de Dixon: Este criterio es un test estadístico que se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos [20]:

- i)** Se grafican los datos con el fin de identificar el dato que difiere de los demás, este dato se denomina como sospechoso.
- ii)** Se ordenan los datos en orden ascendente.
- iii)** Se calcula a d utilizando la ecuación 82.

$$d = \text{dato sospechoso} - \text{dato más cercano} \quad (82)$$

- iv)** Se calcula la dispersión completa de la serie de datos w por medio de la ecuación 83.

$$w = \text{dato mayor} - \text{dato menor} \quad (83)$$

v) Se encuentra el valor de Q_{exp} utilizando la ecuación 84.

$$Q_{exp} = \frac{|d|}{w} \quad (84)$$

vi) Se encuentra el valor de Q_{crit} por medio del Cuadro 45 del Apéndice A conociendo el nivel de confianza³⁵ y el número de laboratorios participantes N .

vii) Se aplica el criterio de Q de Dixon utilizando la ecuación 85 para determinar si es necesario rechazar el dato sospechoso.

viii) Se aplica el criterio por medio de la ecuación 85.

$$Q_{exp} < Q_{crit} \quad (85)$$

Ejemplo 25: Con los datos del Ejemplo 17, utilice el criterio Q de Dixon para determinar si existe algún dato que se deba rechazar.

Solución: Dibujando los datos se obtiene la Figura 44.

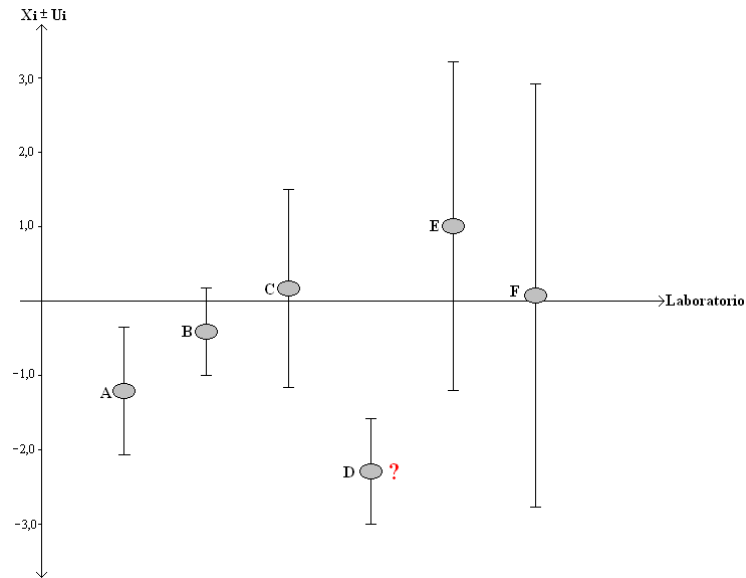


Figura 44: Gráfica para la Aplicación del criterio Q de Dixon

³⁵Generalmente el nivel de confianza se asume como del 95 %, es decir $p = 0,95$.

Siguiendo los pasos:

i) De la Figura 44 se observa que el dato sospechoso es el del laboratorio D cuyo valor es -2,3.

ii) Ordenando los datos se obtiene:

$$-2,3 \quad -1,2 \quad -0,4 \quad 0,1 \quad 0,2 \quad 1$$

iii) Calculando d con la ecuación 82, se tiene:

$$d = -2,3 - (-1,2) = -1,1$$

iv) Calculando w con la ecuación 83, se tiene:

$$w = 1 - (-2,3) = 3,3$$

v) Calculando Q_{exp} con la ecuación 84, se tiene:

$$Q_{exp} = \frac{|-1,1|}{3,3} = 0,33$$

vi) Buscando Q_{crit} en el Cuadro 45 con $N = 6$ y $p = 0,95$, se tiene:

$$Q_{crit} = 0,56$$

vii) Aplicando el criterio se tiene:

$$Q_{exp} < Q_{crit}$$

esto indica que el dato del laboratorio D no debe rechazarse.

En conclusión para esta intercomparación no debe rechazarse ninguno de los resultados obtenidos para cada laboratorio.

- b) Criterio de mezcla [21]: Este criterio consiste en obtener una distribución resultante de mezclar todas las distribuciones con pesos iguales³⁶.

Numéricamente se generan las distribuciones de los laboratorios participantes y se unen todos los elementos obtenidos, a la distribución resultante se le identifica y se analiza estadísticamente.

Por medio de la Figura 45, se ilustrará mejor este criterio³⁷.

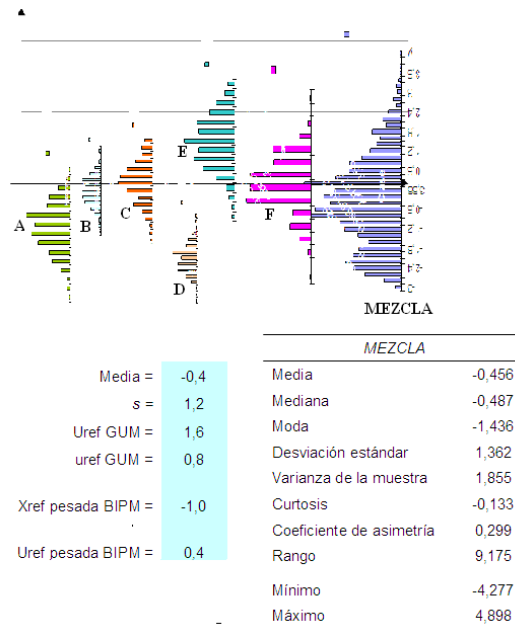


Figura 45: Gráfica de la distribución de cada laboratorio y de la resultante

Al observar la Figura 45 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- i) La medida simple de los laboratorios es alrededor de un 10 % mayor que la obtenida por mezclado.
- ii) Las incertidumbres estándar mediante GUM y BIPM son sustancialmente menores que la desviación estándar obtenida del mezclado.

³⁶Debe distinguirse esta operación de la suma de distribuciones.

³⁷En este trabajo no se profundizará en este criterio, para mayor información se tiene el texto [20].

Capítulo III

HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE ASECALMET

Un software es el conjunto de instrucciones y datos que permiten aprovechar al máximo todos los recursos de un computador.

Las funciones básicas de cualquier tipo de software son:

- Administrar todos los recursos del computador.
- Proporcionar todas las herramientas para optimizar los recursos antes mencionados.
- Actuar como intermediario entre el usuario y la información almacenada.

El diseño y la creación de cualquier software es una tarea de la Ingeniería del Software¹ y comprende las siguientes etapas dentro del proceso de su construcción [23]:

- 1. Análisis de Requisitos:** Esta etapa es la primera de todas las etapas para poder crear un software. En esta parte del proceso es necesario que el cliente exponga todas las necesidades que el software debe suplir. Una vez realizado dicho análisis, se decide cuales son las entidades que participarán en su desarrollo.
- 2. Especificación:** En esta etapa se describe detalladamente en forma matemáticamente rigurosa el software a ser escrito. Las especificaciones son muy importantes para las interfaces externas que deben permanecer estables.

¹La Ingeniería del Software es la rama de la ingeniería que aplica los principios de la ciencia de la computación y las matemáticas para resolver problemas en el desarrollo de software [22].

- 3. Diseño y Arquitectura:** En esta etapa se determina como funcionará el software en forma general sin entrar en detalles. Se definen los casos de uso para cubrir las funciones que realizará el sistema, y se transforman las entidades definidas en el análisis de requisitos en clases de diseño, obteniendo un modelo cercano a la programación orientada a objetos.
- 4. Programación:** En esta etapa se reduce el diseño elaborado en la etapa anterior al código correspondiente.
- 5. Prueba:** En esta etapa se comprueba que el software realice correctamente las tareas indicadas en la especificación.
- 6. Documentación:** En esta etapa se realiza el manual de usuario y si es posible, un manual técnico con el propósito de mantenimiento futuro y ampliaciones al sistema.
- 7. Mantenimiento:** En esta etapa se le proporciona mantenimiento y mejoras al software desarrollado para enfrentar los posibles errores que se puedan presentar o para actualizarlo en caso de que se presenten nuevos requisitos.

Las herramientas utilizadas para realizar el programa de Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP (*ASE-CALMET*), fueron las siguientes:

- Base de Datos
- MatLab
- Navegador Mozilla FireFox

A continuación se explican cada una de estas herramientas:

3.1. *La Base de Datos*

Una base de datos es un programa que se encarga de almacenar gran cantidad de información para luego permitir el acceso a ésta de una manera rápida y estructurada.

Los programas relacionados con la base de datos utilizados en este trabajo fueron:

3.1.1. EasyPHP

El EasyPHP es un completo programa que permite hacer uso de toda la potencia del lenguaje PHP y la eficiencia de las bases de datos. El paquete incluye un servidor Apache, MySQL, una completa ejecución del código PHP, así como herramientas de desarrollo para un sitio web o algunas aplicaciones. Al ejecutar el programa, se pondrá en marcha el servidor Apache y MySQL [24].

En otras palabras, el EasyPHP son tres programas en uno:

- El Apache, servidor más popular de la Web.
- El MySQL, base de datos más extendida de código libre².
- El PHP, lenguaje más extendido para realizar páginas con programación en servidor, acceso a bases de datos, etc³.

Instalación: Para instalar el EasyPHP se abre la página <http://www.easyphp.org/> y se descarga como cualquier otro programa, la instalación es inmediata y en pocos minutos se puede comprobar si su instalación fue exitosa. Para comprobar dicha instalación, se siguen los siguientes pasos [25]:

1. Al abrir el EasyPHP desde el botón de Inicio del computador se pueden observar el estado de los servidores PHP y MySQL por medio del semáforo que aparece en esta ventana. Cuando el semáforo está en verde significa que los servidores se encuentran activados como se muestra en la Figura 46.

²Ver sección 3.1.3.

³Ver sección 3.1.2.

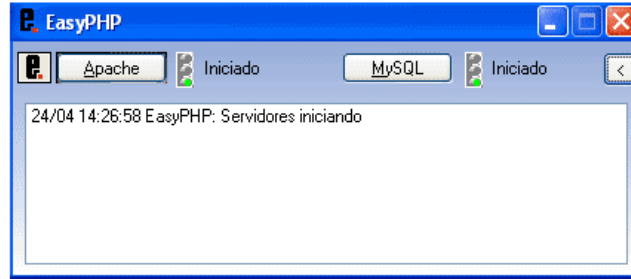


Figura 46: Ventana del EasyPHP

2. Una vez iniciado el programa, el ícono de EasyPHP debe aparecer en la barra de estado del computador como se muestra en la Figura 47.



Figura 47: Ícono del EasyPHP en la barra de estado del computador

Con el botón derecho del ratón sobre el ícono mostrado en la Figura 47, se puede acceder a una serie de opciones entre las cuales se encuentra la configuración de los servidores como se muestra en la Figura 48.

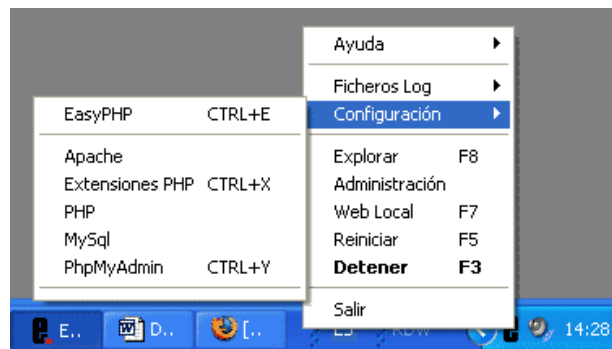


Figura 48: Opciones para configurar los servidores

3. Para tener acceso al phpMyAdmin, es necesario hacer click en botón de phpMyAdmin⁴ que aparece en la Figura 48.

⁴Ver sección 3.1.4.

3.1.2. PHP (Hypertext Preprocessor)

El PHP es un lenguaje de programación interpretado de alto nivel, que se utiliza para crear páginas Web que pueden ser incorporadas en páginas HTML. Una de las mayores ventajas que posee este lenguaje es su capacidad de conexión con la mayoría de bases de datos, destacando su gran conectividad con MySQL.

Para poder arrancar el PHP dentro de un computador es necesario que éste posea dos componentes:

- Un Servidor Web.
- Un Interprete de PHP.

Por el lado del cliente solo se requiere de un navegador⁵. En la Figura 49 se muestra la estructura Servidor - Cliente [26].

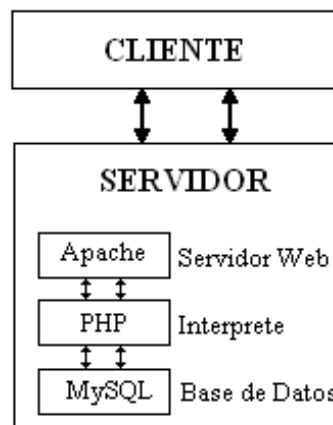


Figura 49: Estructura Servidor - Cliente

De la Figura 49 se puede observar que el usuario final solo necesita un navegador para poder interactuar con el servidor.

⁵Para este trabajo se utilizó el navegador Mozilla Firefox, ver sección 3.3.

3.1.3. MySQL

El MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, de libre distribución, que realiza varias tareas para múltiples usuarios simultáneamente siguiendo el estándar SQL (Structured Query Language). Este sistema organiza la información por medio de tablas que poseen diferentes campos.

Para ingresar o extraer información a cada una de estas tablas, el MySQL contiene una serie de comandos muy sencillos y fáciles de utilizar. A continuación se muestran los comandos utilizados en el desarrollo de este trabajo:

- **SELECT:** Este comando se utiliza para recuperar datos. La instrucción para utilizar este comando es la siguiente:

SELECT (Nombre Columna) FROM (Nombre Tabla)

En la instrucción anterior *SELECT* indica la columna que se desea seleccionar y *FROM* indica la tabla de la cual se va a extraer esta columna.

- **WHERE:** Este comando es opcional dentro de un *SELECT* y permite que sólo se seleccionen determinadas filas de una tabla. La instrucción para utilizar este comando es la siguiente:

SELECT (Nombre Columna) FROM (Nombre Tabla) WHERE (Condición)

En la instrucción anterior la *Condición* es aquello que deben cumplir las filas para ser seleccionadas.

- **GROUP BY:** Este comando se utiliza para agrupar filas que tengan una característica común. Estos grupos son marcados por los distintos valores de alguna de las columnas de la tabla. La instrucción para utilizar este comando es la siguiente:

SELECT (Nombre Columna) FROM (Nombre Tabla)...

...WHERE (Condición) GROUP BY (Nombre Columna)

En la instrucción anterior el *Nombre Columna* después del *GROUP BY* es la columna por medio de la cual se desea realizar la agrupación de los datos.

Además de los comandos mencionados anteriormente, también se utilizaron las siguientes Funciones de Columna:

- **AVG:** Esta función calcula la media aritmética de los datos de una columna. La instrucción es la siguiente:

AVG (Nombre Columna)

- **STD:** Esta función calcula la desviación estándar de los datos de una columna. La instrucción es la siguiente:

STD (Nombre Columna)

- **SUM:** Esta función suma todos los datos de una columna. La instrucción es la siguiente:

SUM (Nombre Columna)

- **MAX:** Esta función provee el valor máximo de los datos de una columna. La instrucción es la siguiente:

MAX (Nombre Columna)

- **MIN:** Esta función provee el valor mínimo de los datos de una columna. La instrucción es la siguiente:

MIN (Nombre Columna)

Para obtener más información sobre los comandos y las funciones del SQL se recomienda el documento [27].

3.1.4. phpMyAdmin

El phpMyAdmin, es un programa cliente de libre distribución escrito en PHP que puede administrar el MySQL a través de páginas Web, utilizando el Internet.

Las funciones de este programa son [23]:

- Crear y eliminar bases de datos.
- Crear, eliminar y modificar tablas.
- Borrar, editar y adicionar campos.
- Ejecutar cualquier sentencia en SQL.
- Administrar claves en campos.
- Administrar privilegios.
- Exportar datos en varios formatos.

El phpMyAdmin se encuentra disponible en 50 idiomas y su presentación inicial se muestra en la Figura 50.

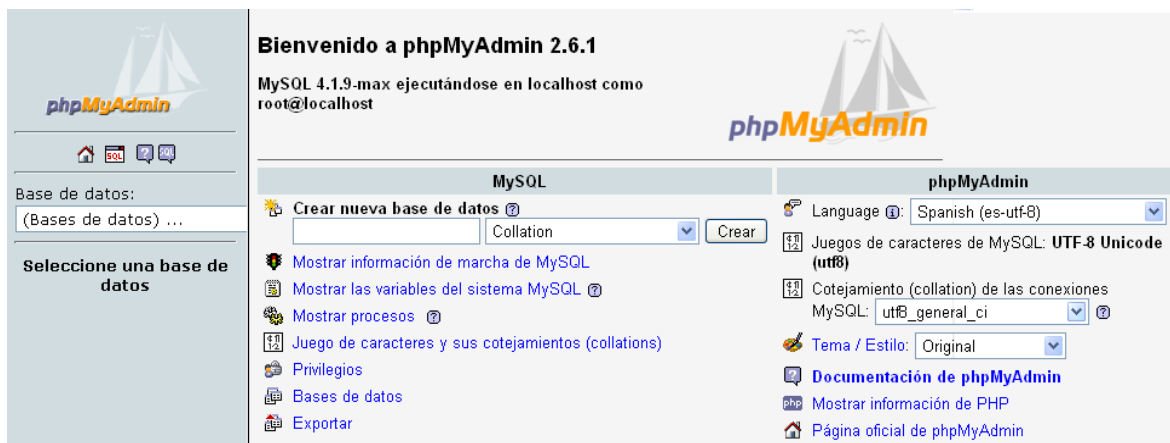


Figura 50: Presentación Inicial del phpMyAdmin

3.2. *El Matlab*

El Matlab (Matrix Laboratory) es un software matemático muy versátil que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. Combina los cálculos numéricos, la visualización gráfica y un lenguaje de programación de alto nivel. Este paquete es el ambiente perfecto para el análisis, los prototipos de algoritmos y el desarrollo de aplicaciones.

Las principales aplicaciones del Matlab son [28]:

- La manipulación de matrices.
- La representación de datos y funciones.
- La implementación de algoritmos.
- La creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.

Para instalar este programa, es necesario comprarlo⁶ e instalarlo como lo indican sus instrucciones, dicha instalación puede realizarse en cualquier punto del disco duro, preferiblemente en el punto más inmediato de la unidad, por ejemplo en C://MATLAB.

Además de las aplicaciones, el Matlab dispone de dos herramientas adicionales: El Simulink (plataforma de simulación multidominio) y El GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI).

3.2.1. Guide

El Guide es una herramienta de programación visual que posee el Matlab para realizar y ejecutar programas que manejan el ingreso continuo de datos. Existen dos formas de acceder a esta herramienta:

⁶O adquirir alguna versión gratis obtenida por Internet.

1. Escribiendo guide en la ventana de comandos del Matlab como se muestra en la Figura 51.

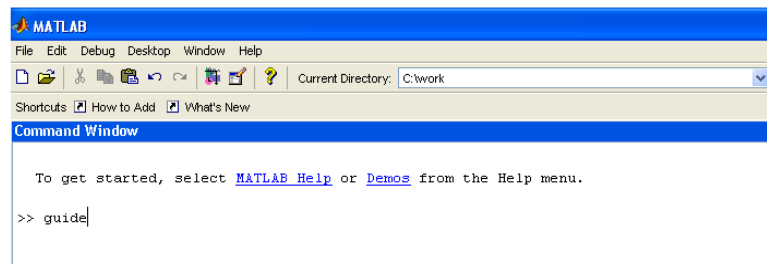


Figura 51: Acceso al Guide escribiendo en la ventana de comandos del Matlab

2. Presionando el botón que aparece en la Figura 52.

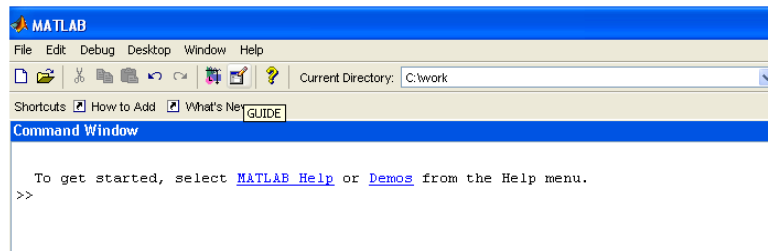


Figura 52: Acceso al Guide oprimiendo el botón respectivo

Una vez se accede al Guide, aparece la ventana que se muestra en la Figura 53.

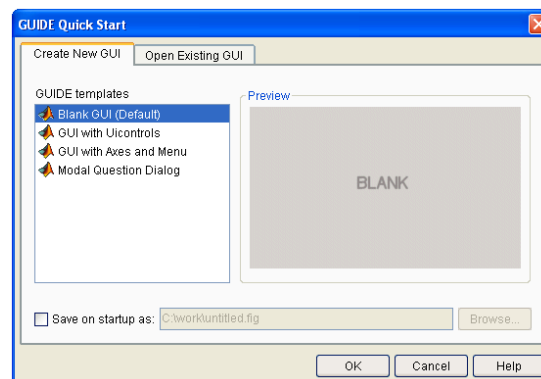


Figura 53: Ventana de Inicio del Guide

De la Figura 53 se puede observar que se presentan varias opciones, para empezar a trabajar se elige la primera de éstas (opción Blank GUI) y aparece la ventana de la Figura 54.

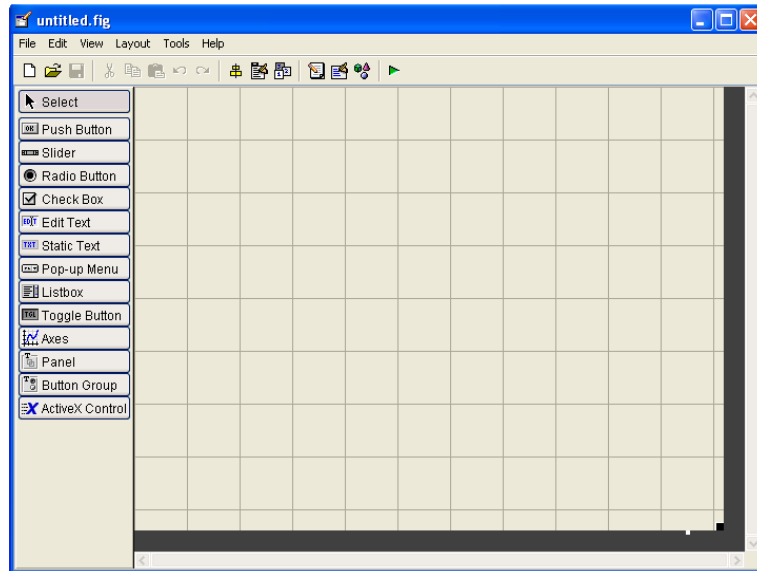


Figura 54: Entorno de diseño del Guide

En la Figura 54, se observa que el Guide en su entorno de diseño contiene una serie de componentes y un área donde se colocan cada uno de los componentes que se requieren para el programa que se desea realizar. Para obtener más información acerca de cada uno de estos componentes y su manera de utilizarlos, se recomienda consultar el Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab [28].

3.3. El Navegador Mozilla FireFox

El Mozilla FireFox es un navegador de internet gratis, fácil de usar y elegido por millones de usuarios en todo el mundo por su rapidez y eficiencia.

Puede descargarse fácilmente de la página:

<http://mozilla-firefox.uptodown.com/>

el usuario solo debe definir el archivo donde desea ubicar la aplicación.

Las características más importantes de FireFox son [29]:

- Utiliza pestañas para abrir múltiples páginas web en una misma ventana, lo que permite tener una visión general de todas las páginas que se están visitando.
- Proporciona la opción de bloquear o admitir ventanas de un determinado sitio web. O bien abrir la ventana sólo una vez para evaluar si se quiere ver o bloquear la próxima vez que se visite el sitio.
- La barra Google permite comprobar la ortografía cuando se llene un formulario en internet.
- Existen versiones para Windows, Linux y MacOS, de manera que la gran mayoría de los usuarios de computadoras podrán instalarlo y comprobar personalmente sus ventajas.

Para que el usuario obtenga impresiones con las características deseadas, El Mozilla FireFox debe configurarse de la siguiente manera:

1. Se abre el Mozilla FireFox y se selecciona dentro del botón de **Archivo** la opción de **Configurar página** como se muestra en la Figura 55.



Figura 55: Página Principal del Mozilla FireFox

2. Se elige la opción de configurar página de la ventana de la Figura 55 y aparece la ventana de la Figura 56.



Figura 56: Configuración de Página del Mozilla FireFox

3. Al escoger la pestaña para **Márgenes y cabecera/pie de página** de la ventana de la Figura 56, se colocan los datos que el usuario desea que aparezcan en la cabecera y en el pie de página al imprimir sus reportes.

3.4. EL ASECALMET

El *ASECALMET* es un programa de aplicación no comercial bajo el cual se realizan los procedimientos necesarios para el Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP. Los procedimientos que se ejecutan bajo este programa para cada uno de los equipos patrón (FLUKE 5500A) que posee el laboratorio, son:

- Seguimiento Estadístico utilizando Cartas de Control.
- Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad r&R.
- Comparación entre Laboratorios.

Cada uno de estos procedimientos se desarrollaron teniendo en cuenta los procedimientos internos del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas [30] y las recomendaciones de algunas normas [5], [31] y [32].

Las funciones del equipo patrón a las cuales se les puede realizar cada uno de los procedimientos mencionados anteriormente, son:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| * VOLTAJE DC | * CORRIENTE AC |
| * CORRIENTE DC | * VOLTAJE AC TERMINALES
AUXILIARES |
| * RESISTENCIA | * CAPACITANCIA |
| * VOLTAJE DC TERMINALES
AUXILIARES | * FRECUENCIA |
| * VOLTAJE AC | * TEMPERATURA |

El *ASECALMET* se encuentra diseñado en Matlab y trabaja con el gestor de base de datos MySQL. La interconexión entre el MatLab y el MySQL se realizó por medio de dos librerías (*mysql.dll*, *libmysql.dll*) creadas por el profesor Robert Almgren de la Universidad de Toronto en Canadá [26].

La descarga de estas librerías puede realizarse de la página:

www.mmf.utoronto.ca/resrchres/mysql/

y deben guardarse como se indica en el Cuadro 34.

Librería	Dirección para Guardar
<i>mysql.dll</i>	C:\toolbox\local\
<i>libmysql.dll</i>	C:\WINDOWS\system32\

Cuadro 34: Librerías con la Dirección para guardarlas

Para la Instalación y Ejecución del *ASECALMET* es necesario que el computador donde se va a utilizar cuente con lo siguiente [26]:

- * MatLab versión 7 o posterior
- * Memoria RAM de 512 MB como mínimo
- * EasyPHP
- * Sistema Operativo Windows XP SP 2
- * Espacio en el Disco Duro mayor a 1 GB

También se utilizaron las siguientes funciones elaboradas en MatLab:

- *cell2html*: Esta función permite covertir una matriz célula del MatLab en una tabla HTML. Dentro de este trabajo, esta función fue utilizada para realizar el reporte de cada uno de los procedimientos en un archivo de Internet.
- *round2even*: Esta función permite redondear un número hasta el número de decimales que se desee. Dentro de este trabajo fue utilizada para redondear los números que aparecen en el reporte de cada uno de los procedimientos.

3.4.1. Instalación del ASECALMET

Para la instalación de este programa, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Se debe crear una carpeta de la siguiente manera:

C:\MATLAB7\WORK\ASEGURAMIENTO\

2. Dentro de la carpeta creada anteriormente, se deben guardar todos los archivos que se encuentran dentro de la aplicación.

3.4.2. Inicio del ASECALMET

Para iniciar el *ASECALMET*, se siguen los siguientes pasos:

1. Se inicializa el programa EasyPHP como se indicó en la sección 3.1.1. (Ver Figura 46).
2. Se abre el MatLab y se escribe en la ventana de comandos *ASECALMET* como se muestra en la Figura 57.

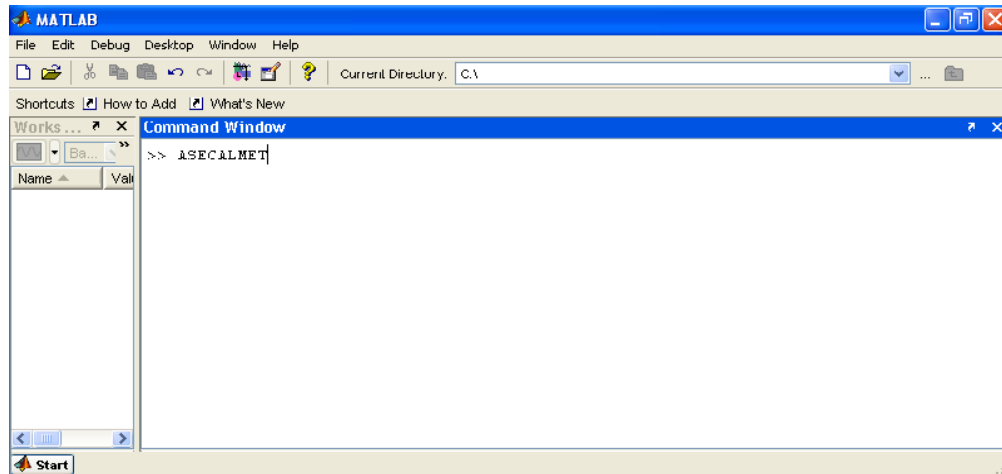


Figura 57: Ventana de Comandos del MatLab



Figura 58: Ventana para Iniciar el ASECALMET

3. Se ejecuta la orden de la Figura 57 y aparece la ventana de la Figura 58.
4. Se introduce el usuario y la clave en la ventana de la Figura 58. Para esto la persona que va a utilizar el *ASECALMET*, debe registrarse previamente⁷, esto con el fin de lograr una total protección de la información.

Cuando el usuario no está autorizado para acceder al programa, y escribe sobre los campos de la Figura 58 un nombre y una contraseña que no están registrados, en la

⁷Para registrar un usuario en la Base de Datos del Programa, es necesario tener la aprobación del Director del Laboratorio.

pantalla del computador aparece un aviso como el que muestra la Figura 59.

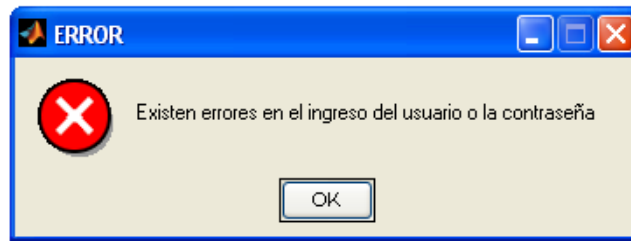


Figura 59: Mensaje de Error del *ASECALMET* para usuarios no autorizados

Cuando el usuario se encuentra autorizado, al proveer su nombre y contraseña en la ventana de la Figura 58, se abre la ventana de la Figura 60.

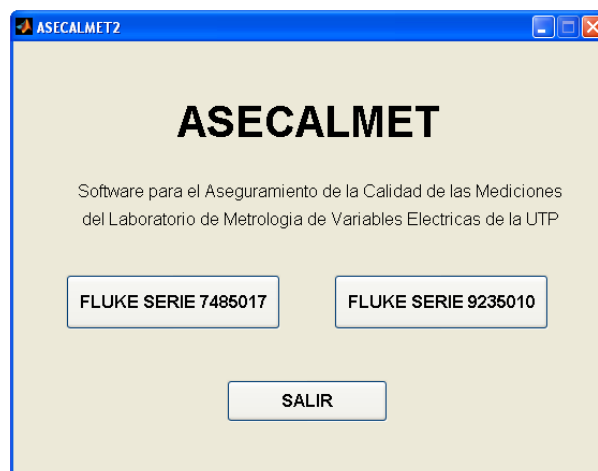


Figura 60: Ventana Principal del *ASECALMET*

En la ventana de la Figura 60, el usuario puede elegir el equipo patrón con el cual desea trabajar, para esto debe presionar el botón que contenga la serie correspondiente al Fluke de su interés.

3.4.3. Bases de Datos del ASECALMET

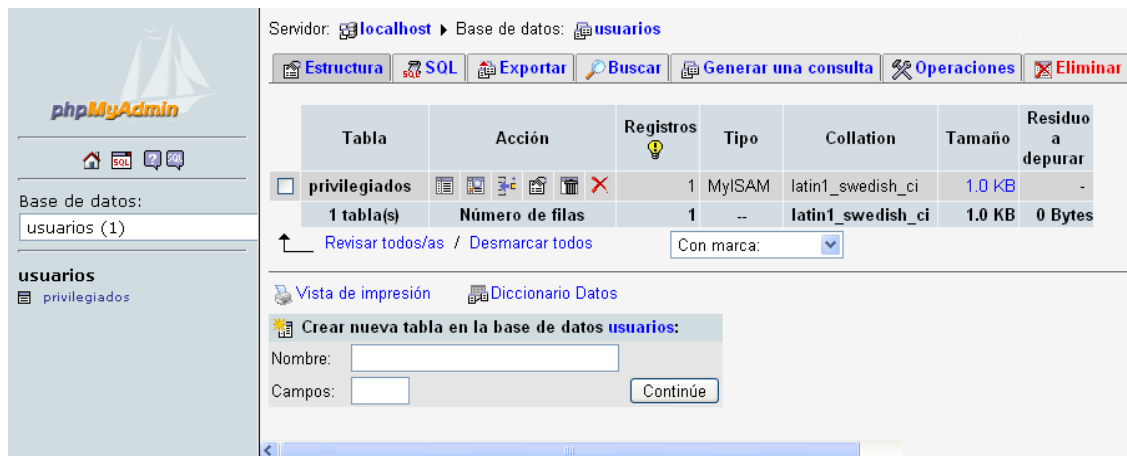
En este trabajo se ha utilizado el phpMyAdmin para realizar la transferencia de datos entre el *ASECALMET* y las Bases de Datos creadas para almacenar la información del

Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP.

El *ASECALMET* cuenta con siete Bases de Datos para interactuar; una para almacenar los usuarios autorizados y las otras seis para manejar toda la información del Seguimiento Estadístico, del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad r&R y de la Comparación entre Laboratorios de cada uno de los equipos patrón. A continuación se explica la estructura de cada una de estas bases de datos:







3.4.3.1. Base de Datos para el Registro de Usuarios:

Esta base de datos almacena el nombre y la contraseña de cada uno de los usuarios autorizados por el laboratorio para tener acceso al *ASECALMET*. En la Figura 61, se muestra la estructura de esta base de datos cuyo nombre es *usuarios*.



Servidor: localhost Base de datos: usuarios

Estructura SQL Exportar Buscar Generar una consulta Operaciones Eliminar

Tabla	Acción	Registros	Tipo	Collation	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> privilegiados	      	1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.0 KB	-
1 tabla(s)	Número de filas	1	--	latin1_swedish_ci	1.0 KB	0 Bytes

Revisar todos/as / Desmarcar todos Con marca:

Vista de impresión Diccionario Datos

Crear nueva tabla en la base de datos usuarios:

Nombre:

Campos:

Figura 61: Base de Datos *usuarios*

Esta base de datos cuenta con una tabla de datos llamada *privilegiados*, que a su vez cuenta con dos campos que corresponden al nombre y a la contraseña de cada uno de los usuarios autorizados para acceder al programa.

3.4.3.2. Base de Datos para el Seguimiento Estadístico:

Esta base de datos almacena la información del seguimiento estadístico de cada uno de los equipos patrón del laboratorio, su nombre es *cartas* para el equipo cuya serie es 7485017

y *cartas1* para el equipo de serie 9235010. En la Figura 62 se muestra la estructura de la base de datos *cartas*.

Tabla	Acción	Registros	Tipo	Collation	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> cac		2,261	MyISAM	latin1_swedish_ci	153.7 KB	-
<input type="checkbox"/> cap		1,506	MyISAM	latin1_swedish_ci	81.0 KB	-
<input type="checkbox"/> cdc		1,242	MyISAM	latin1_swedish_ci	47.2 KB	-
<input type="checkbox"/> frec		216	MyISAM	latin1_swedish_ci	12.6 KB	-
<input type="checkbox"/> res		2,154	MyISAM	latin1_swedish_ci	117.9 KB	-
<input type="checkbox"/> temp		378	MyISAM	latin1_swedish_ci	16.9 KB	-
<input type="checkbox"/> vac		1,908	MyISAM	latin1_swedish_ci	141.7 KB	-
<input type="checkbox"/> vacaux		753	MyISAM	latin1_swedish_ci	50.7 KB	-
<input type="checkbox"/> vdc		921	MyISAM	latin1_swedish_ci	35.9 KB	-
<input type="checkbox"/> vdcaux		324	MyISAM	latin1_swedish_ci	16.0 KB	-
10 tabla(s)	Número de filas	11,663	--	latin1_swedish_ci	673.6 KB	0 Bytes

Figura 62: Base de Datos *cartas*

Esta base de datos contiene 10 tablas correspondientes a las funciones del equipo para las cuales se les hizo el seguimiento. En el Cuadro 35 se muestran cada una las funciones con su respectivo nombre de tabla.

Función	Tabla
Corriente AC	cac
Capacitancia	cap
Corriente DC	cdc
Frecuencia	frec
Resistencia	res
Temperatura	temp
Voltaje AC	vac
Voltaje AC (Terminales Auxiliares)	vacaux
Voltaje DC	vdc
Voltaje DC (Terminales Auxiliares)	vdcaux

Cuadro 35: Función del equipo patrón con su respectivo nombre de Tabla

Cada una de estas tablas cuenta con diferentes campos que dependen de la función que se esté analizando. En la Figura 63 se muestra la tabla de datos para la función de Corriente AC (cac).

Campo	Tipo	Collation	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
<input type="checkbox"/> CORRIENTE_INICIAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_1	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> CORRIENTE_FINAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_2	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> FRECUENCIA_INICIAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_3	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> FRECUENCIA_FINAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_4	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> CORRIENTE_NOMINAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_5	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> FRECUENCIA_NOMINAL	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_6	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> UNIDAD_7	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> FECHA	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			
<input type="checkbox"/> VALOR	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No			

Figura 63: Tabla de Datos Corriente AC (cac)

Esta tabla de datos contiene 15 campos que se muestran en el Cuadro 36.

Especificación	Campo
Corriente Inicial	CORRIENTE_INICIAL
Unidad Corriente Inicial	UNIDAD_1
Corriente Final	CORRIENTE_FINAL
Unidad de la Corriente Final	UNIDAD_2
Frecuencia Inicial	FRECUENCIA_INICIAL
Unidad Frecuencia Inicial	UNIDAD_3
Frecuencia Final	FRECUENCIA_FINAL
Unidad Frecuencia Final	UNIDAD_4
Corriente Nominal	CORRIENTE_NOMINAL
Unidad Corriente Nominal	UNIDAD_5
Frecuencia Nominal	FRECUENCIA_NOMINAL
Unidad Frecuencia Nominal	UNIDAD_6
Unidad Valor Medido Corriente	UNIDAD_7
Fecha del Seguimiento	FECHA
Valor Medido Corriente	VALOR

Cuadro 36: Especificaciones de la Función Corriente AC con su correspondiente Campo

3.4.3.3. Base de Datos para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad:

Esta base de datos almacena los datos obtenidos del estudio r&R para cada uno de los equipos patrón y se llama *r&r* para el equipo patrón cuya serie es 7485017 y *r&r1* para el equipo patrón cuya serie es 9235010. En la Figura 64 se muestra la base de datos *r&r*.

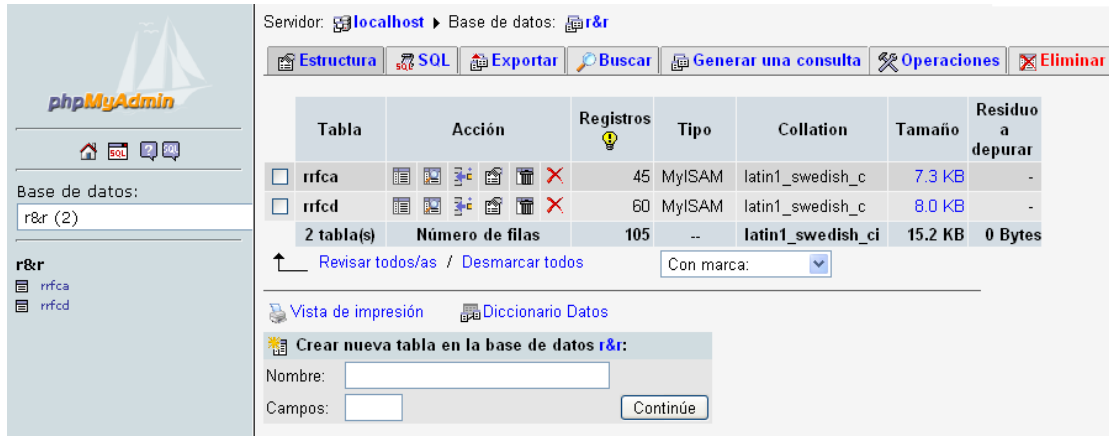


Figura 64: Base de Datos *r&r*

Esta base de datos contiene 2 tablas, una corresponde a las funciones del equipo patrón que operan con Corriente AC y la otra corresponde a las funciones del equipo patrón que operan con Corriente DC.

En el Cuadro 37 se muestran las funciones del equipo que operan con AC y las que operan con DC y su correspondiente nombre de tabla.

Función	Tabla
Función con AC	rrfca
Función con DC	rrfcd

Cuadro 37: Función del Equipo Patrón con AC o CD y nombre de la Tabla

Estas dos tablas poseen diferente número de campos, a manera de Ejemplo, en la Figura 65, se muestra la tabla de datos para funciones con AC (rrfca).

phpMyAdmin

















































Base de datos: r&r (2)



r&r

- rrfca
- rrfcd

Servidor: localhost Base de datos: r&r Tabla: rrfca

Estructura Examinar SQL Buscar Insertar Exportar Operaciones Vaciar Eliminar

Campo	Tipo	Collation	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
<input type="checkbox"/> FECHA	varchar(15)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> FUNCION	varchar(30)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> RANGO_FUNCION	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_1	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> FRECUENCIA_INICIAL	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_2	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> FRECUENCIA_FINAL	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_3	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> VALOR_FUNCION	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_4	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> VALOR_FRECUENCIA	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_5	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> TOLERANCIA	double			No	0		   
<input type="checkbox"/> UNIDAD_6	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> OPERADOR	varchar(50)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> SERIE_EQUIPO	varchar(50)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> DESC_EQUIPO	varchar(100)	latin1_swedish_ci		No			   
<input type="checkbox"/> VALOR	varchar(20)	latin1_swedish_ci		No			   

Revisar todos/as / Desmarcar todos Con marca:    

Vista de impresión Plantamiento de una estructura de tabla

Añada 1 campo(s) ☒ Al final de la tabla ☐ Al comienzo de la tabla ☐ Después de

Figura 65: Tabla de Datos para Funciones con Corriente AC (rrfca)

Esta tabla de datos contiene 18 campos que corresponden a los datos del Estudio r&R para las funciones que operan con Corriente AC. En el Cuadro 38 se muestran los datos para las funciones con Corriente AC con su correspondiente nombre de campo.

Datos	Campo
Corriente Inicial	CORRIENTE_INICIAL
Unidad Corriente Inicial	UNIDAD_1
Corriente Final	CORRIENTE_FINAL
Unidad de la Corriente Final	UNIDAD_2
Frecuencia Inicial	FRECUENCIA_INICIAL
Unidad Frecuencia Inicial	UNIDAD_3
Frecuencia Final	FRECUENCIA_FINAL
Unidad Frecuencia Final	UNIDAD_4
Corriente Nominal	CORRIENTE_NOMINAL
Unidad Corriente Nominal	UNIDAD_5
Frecuencia Nominal	FRECUENCIA_NOMINAL
Unidad Frecuencia Nominal	UNIDAD_6
Unidad Valor Medido Corriente	UNIDAD_7
Fecha del Seguimiento	FECHA
Valor Medido Corriente	VALOR

Cuadro 38: Especificaciones de la Función Corriente AC con su correspondiente Campo

3.4.3.4. Base de Datos para la Comparación entre Laboratorios:

Esta base de datos almacena los datos obtenidos de la comparación entre laboratorios y su nombre es *inter* para el equipo patrón cuya serie es 7485017 e *inter1* para el equipo patrón cuya serie es 9235010.

En la Figura 66 se muestra la base de datos *inter*.

Tabla	Acción	Registros	Tipo	Collation	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> calendario		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.3 KB	152 Bytes
<input type="checkbox"/> con_amb		2	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.1 KB	116 Bytes
<input type="checkbox"/> funciones_ac		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.3 KB	176 Bytes
<input type="checkbox"/> funciones_dc		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.2 KB	120 Bytes
<input type="checkbox"/> general		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.5 KB	1,160 Bytes
<input type="checkbox"/> personal		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.1 KB	-
<input type="checkbox"/> trazabilidad		1	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.3 KB	160 Bytes
7 tabla(s)	Número de filas	7	--	latin1_swedish_ci	9.9 KB	1.8 KB

Figura 66: Base de Datos *inter*

Esta base de datos contiene 7 tablas que corresponden al conjunto de los datos que se deben tomar cuando se realiza la comparación entre laboratorios. En el Cuadro 39 se muestran cada conjunto de datos con su correspondiente nombre de tabla.

Conjunto de Datos	Tabla
Datos del Calendario	calendario
Datos de Condiciones Ambientales	con_amb
Datos para Funciones AC	funciones_ac
Datos para Funciones DC	funciones_dc
Datos Generales	general
Datos Trazabilidad	trazabilidad
Datos del Personal Involucrado	personal

Cuadro 39: Conjunto de Datos con el respectivo nombre de la Tabla

A manera de Ejemplo, en la Figura 67, se muestra la tabla de datos para el conjunto de los datos de las condiciones ambientales.

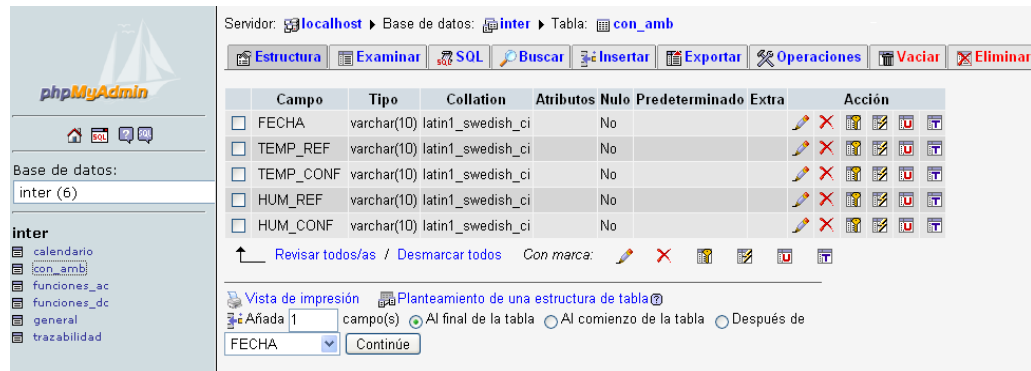


Figura 67: Ejemplo de la Tabla de Datos de Condiciones Ambientales

Esta tabla de datos contiene 5 campos que corresponden a los datos de la temperatura y la humedad relativa para cada uno de los laboratorios que participaron en la comparación.

En el Cuadro 40, se muestran los datos para las condiciones ambientales con su correspondiente nombre de campo.

Datos	Campo
Fecha	FECHA
Temperatura Laboratorio Referencia	TEMP_REF
Temperatura Laboratorio Confrontado	TEMP_CONF
Humedad Laboratorio Referencia	HUM_REF
Humedad Laboratorio Confrontado	HUM_CONF

Cuadro 40: Datos de las Condiciones Ambientales con su correspondiente Campo

3.4.4. Procedimientos del ASECALMET

Los procedimientos que realiza el *ASECALMET* para el Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP son los siguientes:

3.4.4.1. Procedimiento para el Seguimiento Estadístico utilizando Cartas de Control

Este procedimiento se realiza para observar el comportamiento de los equipos patrón a través del tiempo y poder determinar si se encuentran funcionando en condiciones normales.

Para llevar a cabo este seguimiento, el laboratorio toma 3 muestras cada 3 meses para cada una de las funciones de los equipos patrón con sus respectivos rangos.

Los equipos de interés dentro de este trabajo que se utilizan en este procedimiento son los siguientes:

- **Multímetro FLUKE 45:** Se utiliza para realizar el seguimiento de las funciones:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| * VOLTAJE DC | * VOLTAJE AC |
| | TERMINALES AUXILIARES |
| * CORRIENTE DC | |
| | * CORRIENTE AC |
| * RESISTENCIA | |
| | * FRECUENCIA |
| * VOLTAJE AC | |
| | * TEMPERATURA |
| * VOLTAJE DC | |
| TERMINALES AUXILIARES | |

- **Multímetro FLUKE 175 y Medidor RCL FLUKE PM6303:** Se utilizan para el seguimiento de la función CAPACITANCIA.

El procedimiento para realizar las mediciones es el siguiente:

1. Se definen los rangos de las funciones para las cuales se desea realizar el seguimiento estadístico⁸.
2. Para cada una de estas funciones en cada uno de sus respectivos rangos se registran 3 valores aleatorios visualizados en el display del instrumento y se anotan en un formato como el del Cuadro 46 del Apéndice B.

Una vez se obtienen todos los datos del seguimiento, se utiliza el *ASECALMET* para obtener el reporte correspondiente a este procedimiento, los pasos que se deben seguir son los siguientes:

⁸El laboratorio ya tiene establecidos estos puntos.

1. Se inicia el *ASECALMET* como se indicó en la sección 3.4.2. y presionando el botón del equipo patrón FLUKE SERIE 7485017 de la ventana de la Figura 60 aparece la ventana de la Figura 68.

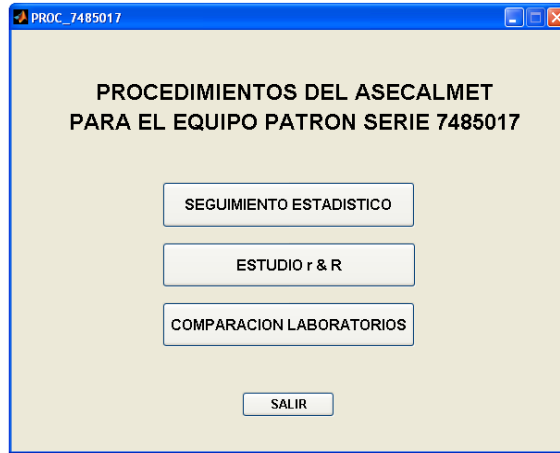


Figura 68: Ventana de Procedimientos del *ASECALMET*

2. Presionando el botón del **SEGUIMIENTO ESTADISTICO** de la ventana 68, aparece la ventana que se muestra en la Figura 69.

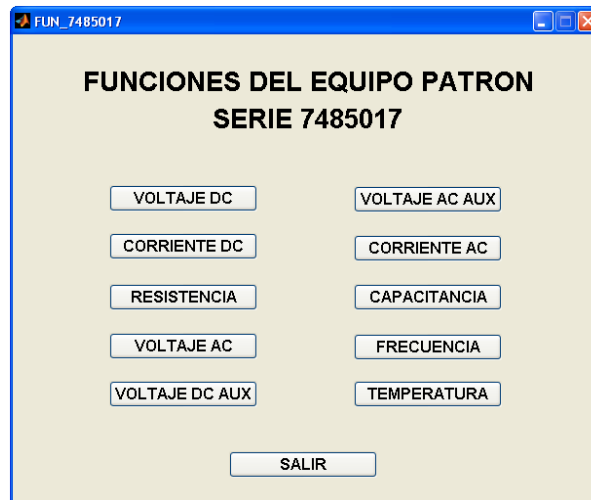


Figura 69: Ventana de Funciones

3. Presionando el botón para la función de interés, se abre una ventana como la que se muestra en la Figura 70 cuando se ha presionado el botón para **VOLTAJE DC**.

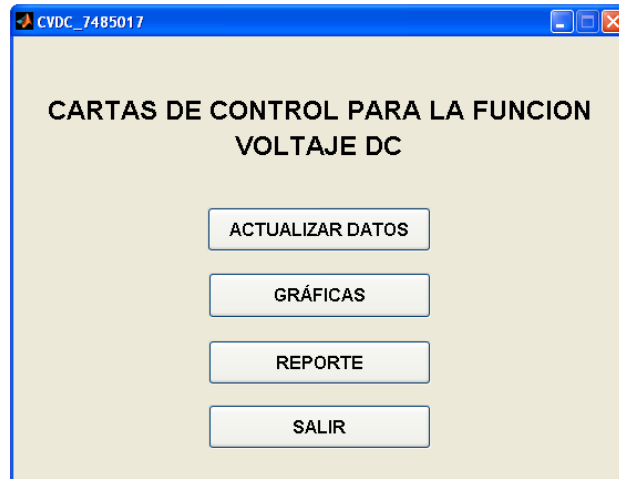


Figura 70: Ventana de Cartas de Control para la Función Voltaje DC

4. Presionando el botón de **ACTUALIZAR DATOS** en la ventana de la Figura 70, se abre la ventana de la Figura 71.

Figura 71: Ventana para Actualizar los Datos de la Funcion Voltaje DC

Para completar esta ventana, se deben ingresar los datos en cada uno de los espacios que están en blanco como se explica a continuación:

- En **RANGO** se escribe el rango de la función para la cual se tomaron las mediciones del seguimiento.

- En **VALOR NOMINAL** se escribe el valor nominal de la función para la cual se tomaron las mediciones del seguimiento.
- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo la toma de datos.
- En **VALORES** se colocan los tres datos tomados para la función, el rango y el valor nominal especificados.

Notas:

- Todos los números decimales se escriben con punto y no con coma.
- En el espacio de **UNIDAD** se coloca la unidad de la cantidad que se encuentra enseguida de cada espacio.
- Si la Función analizada es la de Resistencia, la unidad Ω se debe escribir como Ohm.
- La Fecha se escribe de la forma **AAAA-MM-DD**. Por ejemplo si la toma de datos se realizó el día 15 de enero del 2006, entonces la forma de escribir esta Fecha es 2006-01-15.

En la Figura 72 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

ACTVDC_7485017

ACTUALIZACION DE DATOS PARA LA FUNCION VOLTAJE DC

RANGO UNIDAD
3.3 V

VALOR NOMINAL UNIDAD
0.000 mV

FECHA (AAAA-MM-DD)
2006-01-16

VALORES UNIDAD
Ai 0.00 Ai 0.00 Ai 0.00 mV

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 72: Actualización de Datos para la Función VOLTAJE DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,00 mV

5. Cuando ya todos los espacios de la ventana de Actualizar Datos están completos, se presiona el botón **INGRESAR DATOS** y aparece la ventana de la Figura 73.

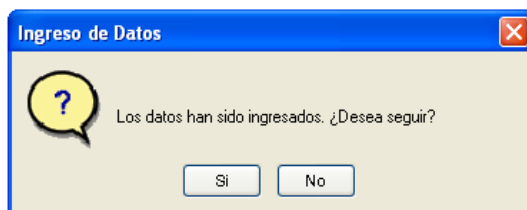


Figura 73: Ventana de Actualización de Datos Exitosa

Se presiona el botón **SI** cuando no se han incluido todos los datos del Formato del Cuadro 46 del Apéndice B y se presiona el botón **NO** cuando ya los datos están completos.

Si por descuido no se han completado todos los espacios de la ventana de la Figura 71, aparece la ventana de la Figura 74 que informa del error.

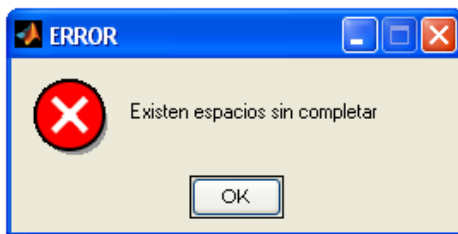


Figura 74: Ventana de Error

6. Cuando ya se han actualizado los datos, se escoge una de las dos opciones (**GRÁFICAS** o **REPORTE**) de la ventana de la Figura 70. Si se pulsa el botón de **GRÁFICAS**, aparece la ventana que se muestra en la Figura 75.

CARTASVDC_7485017

CARTAS X Y S PARA LA FUNCION VOLTAJE DC

RANGO UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

AÑO

GRÁFICAS

SALIR

Figura 75: Ventana para las Gráficas de la Función VOLTAJE DC

Para completar esta ventana se llenan los espacios en blanco de la siguiente forma:

- En **RANGO** se escribe el rango de la función de la misma forma en que se hizo para actualizar los datos.
- En **VALOR NOMINAL** se escribe el valor nominal de la función de la misma forma en que se hizo para actualizar los datos.
- En el **AÑO** se coloca el año para el cual se desea observar el comportamiento del equipo patrón. Este programa realiza el seguimiento desde el año 2005 porque a partir de este año se comenzaron a tomar 3 muestras para cada punto.

Completando los espacios y presionando el botón **GRAFICAS** de la ventana de la Figura 75 aparece la ventana que se muestra en la Figura 76.

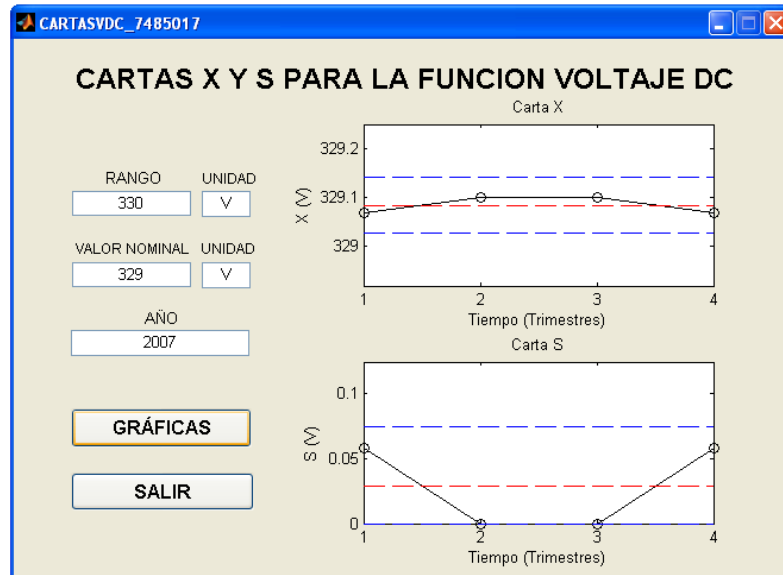


Figura 76: Cartas de Control para la Función VOLTAJE DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

En la Figura 76 se pueden observar las cartas de control \bar{x} y s para la función VOLTAJE DC con su Rango y Valor Nominal especificados. Estas gráficas están diseñadas de tal manera que en el eje horizontal se encuentran los trimestres para los cuales se tomaron los datos y en el eje vertical se encuentra tanto \bar{x} como s en cada una de las dos cartas.

Esta opción permite analizar de manera general el comportamiento del equipo patrón una vez se han actualizado los datos, con esto se puede observar si existen puntos por fuera de los límites de control identificando las causas de esta anomalía y se pueden tomar las decisiones adecuadas que le permitan al equipo patrón volver a funcionar correctamente.

Debido a que el laboratorio ha cambiado el proceso de recolección de muestras, a partir del año 2007 estas gráficas muestran el comportamiento del equipo patrón por trimestres ya que a finales del año 2005 y durante el 2006, se tomaron muestras cada mes⁹.

⁹En el año 2006, sólo se tomaron 11 muestras, por tal razón las cartas para este año son de 11 meses.

7. Presionando el botón **REPORTE** de la Figura 70, aparece la Figura 77.

ELABORACION DEL REPORTE

EQUIPO DEL SEGUIMIENTO

SERIE

RANGO UNIDAD VALOR NOMINAL UNIDAD

FECHA ELABORACION AÑO

OBSERVACIONES

REPORTE

SALIR

Figura 77: Ventana para obtener el Reporte del Seguimiento Estadístico

Para completar esta ventana se llenan los espacios de la siguiente forma:

- En **EQUIPO DE SEGUIMIENTO** se escribe el equipo con el cual se tomaron las mediciones del seguimiento estadístico.
- En **SERIE** se escribe la serie del equipo con el cual se realizó el seguimiento estadístico.
- En **RANGO**, **UNIDAD**, **VALOR NOMINAL** y **AÑO** se escriben de la misma forma que para completar la Figura 75¹⁰.
- En **FECHA DE ELABORACIÓN** se escribe el año, el mes y el día que debe aparecer en el reporte del seguimiento estadístico.
- En **OBSERVACIONES** se escriben las modificaciones realizadas durante el seguimiento estadístico.

¹⁰ Este programa realiza el seguimiento desde el año 2005 porque a partir de este año se comenzaron a tomar 3 muestras para cada punto.

En la Figura 78 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

The screenshot shows a software window titled 'REPORTEVDC_7485017'. The main heading is 'ELABORACION DEL REPORTE'. The form contains the following fields and values:

EQUIPO DEL SEGUIMIENTO		SERIE	
Fluke 45		6629019	
RANGO	UNIDAD	VALOR NOMINAL	UNIDAD
330	mV	329	mV
FECHA ELABORACION		AÑO	
2006-12-24		2006	
OBSERVACIONES			
Ninguna			

At the bottom of the form are two buttons: 'REPORTE' and 'SALIR'.

Figura 78: Ejemplo para ingresar los datos para el obtener el Reporte de la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

Al presionar el botón **REPORTE** de la Figura 78, aparece el reporte que se muestra a continuación.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el seguimiento de la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-24	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 V	Valor Nominal: 329 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)				X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	329,1	329,1	329,1	329,10	0,00	
Febrero	2006-02-13	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06	
Marzo	2006-03-13	329,0	329,1	329,1	329,07	0,06	
Abril	2006-04-17	329,0	329,1	329,1	329,07	0,06	
Mayo	2006-05-15	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06	
Junio	2006-06-15	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06	
Julio	2006-07-10	329,1	329,0	329,1	329,07	0,06	
Septiembre	2006-09-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06	
Octubre	2006-10-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06	
Noviembre	2006-11-05	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06	
Diciembre	2006-12-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06	

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

Primera Página del Reporte para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor

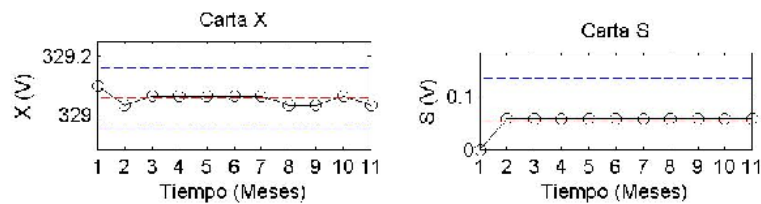
Nominal = 329 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	329,16	329,06	328,96
S	0,13	0,05	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor
Nominal = 329 V

3.4.4.2. Procedimiento para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad r&R se realiza dentro del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP con el fin de analizar la variación de los datos obtenidos dentro del sistema de medición conformado por el instrumento (Patrón de Referencia) y el operador.

En este estudio, la repetibilidad se refiere a la variación de los datos obtenidos por un operador cuando realiza varias mediciones con el mismo instrumento y la reproducibilidad se refiere a la variación de los datos obtenidos cuando varios operadores realizan mediciones con el mismo instrumento.

El Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP, ejecuta este estudio cada 3 meses, utilizando 3 equipos para ensayo y 3 operadores.

Los aspectos que se deben tener en cuenta para realizar este procedimiento son:

1. La relación de tolerancias entre el Patrón de Referencia y los equipos a ensayar debe ser de 4:1.
2. Los tres equipos a ensayar deben tener iguales especificaciones.
3. Las mediciones deben tomarse de forma aleatoria.
4. Cada medición debe efectuarse de tal forma que los operadores no conozcan los datos anteriores tomados por si mismos, ni los datos tomados por los otros operadores.

El procedimiento para realizar las mediciones es el siguiente:

1. Se definen las variables a medir: Función, Rango del Instrumento y Valor del Patrón de Referencia y se anotan en un formato como el del Cuadro 47 del Apéndice B.
2. Se definen los operadores y los equipos a ensayar; los nombres de los operadores y la descripción de los equipos también se colocan en un formato como el del Cuadro 47 del Apéndice B.

3. Cada operador realiza la medida 5 veces utilizando cada uno de los equipos ensayados y se completa el formato del Cuadro 47 del Apéndice B.

Para realizar el reporte correspondiente a este estudio, se utiliza el *ASECALMET* y los datos del formato del Cuadro 47 del Apéndice B y se siguen los siguientes pasos:

1. Se inicia el *ASECALMET* como se explicó en la sección 4.2.
2. Se presiona el botón **ESTUDIO r&R** de la ventana de la Figura 68 y aparece la ventana de la Figura 79.



Figura 79: Ventana con el tipo de Función para realizar el Estudio r&R

Para continuar con este estudio, el usuario debe elegir el tipo de función con la cual está trabajando. En el cuadro 41 se muestran las funciones que manejan cada uno de estos botones.

FUNCIONES CON DC	FUNCIONES CON AC
Voltaje DC	Voltaje AC
Corriente DC	Voltaje AC Terminales Auxiliares
Resistencia	Corriente AC
Voltaje DC Terminales Auxiliares	
Capacitancia	
Frecuencia	

Cuadro 41: Funciones que manejan los botones de la ventana de la Figura 79

3. Al presionar el botón **FUNCIONES CON DC** de la ventana de la Figura 79, aparece la ventana de la Figura 80.



Figura 80: Ventana para el Estudio r&R de Funciones con DC

4. Para almacenar todos los valores de las medidas que se encuentran en el formato del Cuadro 47 del Apéndice B, se debe escoger el botón **INGRESO DE DATOS**. En la Figura 81 se muestra la ventana que aparece al presionar este botón.



Figura 81: Ventana para el Ingreso de los Datos de Funciones con DC

Para completar esta ventana, se deben ingresar los datos en cada uno de los espacios que están en blanco como se explica a continuación:

- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo la toma de datos.
- En **FUNCION** se escribe la Función a la cual se le está realizando el estudio.
- En **RANGO** se escribe el rango de la función para la cual se tomaron las mediciones del estudio.
- En **VALOR NOMINAL** se escribe el valor nominal de la función para la cual se tomaron las mediciones del estudio.
- En **TOLERANCIA** se escribe el valor de la tolerancia calculado de acuerdo a las especificaciones¹¹ para el Rango y el Valor Nominal de la Función analizada. Si por ejemplo la Función estudiada fue la de Voltaje DC con un Rango del Instrumento de 600,0 mV y un Valor Nominal de 60,0 mV, la tolerancia es de 0,29 mV¹².
- En **OPERADOR** se escribe el nombre del operador que tomó las mediciones que se ingresaran más abajo.
- En **DESCRIPCION** se escribe el tipo del instrumento con el cual se realizaron las mediciones que se ingresaran más abajo.
- En **SERIE** se escribe la serie del instrumento con el cual se realizaron las mediciones que se ingresaran más abajo.
- En **VALORES** se colocan los cinco datos tomados por el operador con el instrumento especificado.

¹¹Las especificaciones del Instrumento Patrón son dadas por el fabricante.

¹²Para saber como calcular la tolerancia se recomienda ver la página 73 del texto [21].

Notas:

- Todos los números decimales se escriben con punto y no con coma.
- Para el espacio en donde aparece **UNIDAD** se coloca la unidad de la cantidad que se encuentra enseguida de este espacio.
- Si la Función analizada es la de Resistencia, la unidad Ω se debe escribir como Ohm.
- La Fecha se escribe de la forma **AAAA-MM-DD**. Por ejemplo si la toma de datos se realizó el día 15 de enero del 2006, entonces la forma de escribir esta Fecha es 2006-01-15.

En la Figura 82 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

The screenshot shows a software window titled "datos_fdc_7485017" with the following content:

INGRESO DE DATOS PARA EL ESTUDIO r&R PARA FUNCIONES CON DC

FECHA (AAAA-MM-DD) 2006-01-15	OPERADOR Milton Villarreal
FUNCION VOLTAJE DC	EQUIPO
	DESCRIPCION Multímetro Digital, Fluke 17
	SERIE 89010629
RANGO 600.0	UNIDAD mV
VALOR NOMINAL 60.0	UNIDAD mV
TOLERANCIA 0.29	UNIDAD mV
VALORES 60.0 60.0 60.0 60.0 60.0	
UNIDAD mV	
INGRESAR DATOS SALIR	

Figura 82: Ejemplo para Ingresar los Datos para Funciones con DC

5. Cuando ya todos los espacios de la ventana de Ingreso de Datos están completos, se hace click en el botón **INGRESAR DATOS** y al igual que cuando se actualizan los datos para el seguimiento estadístico aparecen las ventanas de las Figuras 73 y 74.

6. Cuando ya se han terminado de digitar cada uno de los datos tomados durante este estudio, se presiona el botón **REPORTE** de la ventana de la Figura 80 y aparece la ventana que se muestra en la Figura 83.

reporte_fdc_7485017

**REPORTES DEL ESTUDIO r&R
PARA FUNCIONES CON DC**

FECHA

FUNCION

RANGO UNIDAD VALOR NOMINAL UNIDAD

ANOVA

PROMEDIO - RANGO

SALIR

Figura 83: Ventana de Reporte para Funciones con DC

Para completar esta ventana, se llenan cada uno de los espacios en blanco que aparecen en pantalla tal como se completaron al ingresar los datos en la ventana de la Figura 81. En la Figura 84 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

reporte_fdc_7485017

**REPORTES DEL ESTUDIO r&R
PARA FUNCIONES CON DC**

FECHA
2006-01-15

FUNCION
VOLTAJE DC

RANGO UNIDAD VALOR NOMINAL UNIDAD
600.0 mV 60.0 mV

ANOVA

PROMEDIO - RANGO

SALIR

Figura 84: Ejemplo para realizar el Reporte para Funciones con DC

7. Al completar todos los espacios de la ventana de la Figura 83, se presiona el botón **ANOVA** o el botón **PROMEDIO - RANGO** según sea el reporte que se quiera obtener. A continuación se muestran los reportes obtenidos del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad utilizando tanto el método ANOVA como el método PROMEDIO - RANGO para la Función Voltaje DC con Rango de 1000 V y Valor Nominal de 950 V.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método Anova el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010626	1,445 V
2	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010627	1,445 V
3	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010629	1,445 V

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Primera Página del Reporte utilizando el Método de Anova para la Función Voltaje DC
con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V

Los datos obtenidos por los 3 operadores al realizar 5 mediciones con los 3 equipos ensayados para la función VOLTAJE DC con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE DC					Rango del Instrumento: 1000 V					Valor: 950 V					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (V)					2 (V)					3 (V)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
2	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
3	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

La Tabla de Anova para este estudio es la Tabla 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados (V)	Grados de libertad	Cuadrados Medios (V)
Operador	0,000	2	0,000
Equipo	0,000	2	0,000
Interacción (Operador-Equipo)	0,000	4	0,000
Error	0,000	36	0,000

Tabla 5: Tabla Anova

El análisis del Estudio r&R se muestra en la Tabla 6.

Parámetro	V	%
Repetibilidad (r)	0,000	0,0
Reproducibilidad (R)	0,000	0,0
Interacción (I)	0,000	0,0
r&R	0,000	0,0

Tabla 6: Análisis de r&R

De la Tabla 6 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Segunda Página del Reporte utilizando el Método de Anova para la Función Voltaje DC
con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010626	1,445 V
2	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010627	1,445 V
3	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010629	1,445 V

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Primera Página del Reporte utilizando el Método del Promedio y Rango para la Función
 Voltaje DC con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V

Los datos obtenidos por los 3 operadores al realizar 5 mediciones con los 3 equipos ensayados para la función VOLTAGE DC con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE DC					Rango del Instrumento: 1000 V					Valor: 950 V					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (V)					2 (V)					3 (V)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
2	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
3	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (V)	R (V)	R (V)
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (V)	X (V)
1	0,000	950,000
2	0,000	950,000
3	0,000	950,000
R = 0,000 V		
Xd = 0,000 V		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	V	%
Repetibilidad (r)	0,000	0,000
Reproducibilidad (R)	0,000	0,000
r&R	0,000	0,000

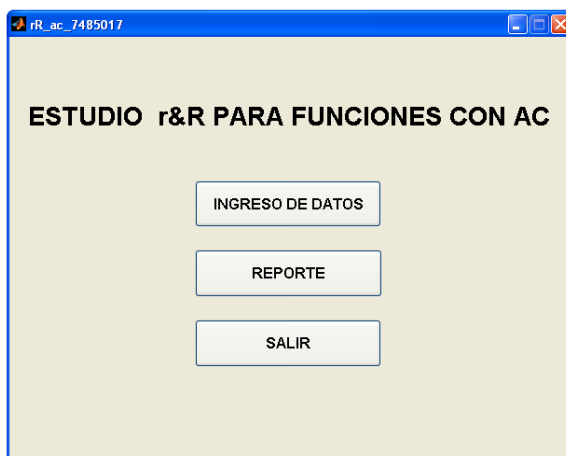
Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Segunda Página del Reporte utilizando el Método del Promedio y Rango para la Función

Voltaje DC con Rango = 1000 V y Valor Nominal = 950 V

8. Cuando se presiona el botón para **FUNCIONES CON AC** de la ventana de la Figura 79, aparece la ventana de la Figura 85.



The screenshot shows a window titled "ESTUDIO r&R PARA FUNCIONES CON AC". The window has a title bar with the text "rR_ac_7485017". Inside the window, there are three buttons arranged vertically: "INGRESO DE DATOS", "REPORTE", and "SALIR".

Figura 85: Ventana para el Estudio r&R de Funciones con AC

9. Presionando el botón de **INGRESO DE DATOS** en la ventana de la Figura 85, aparece la ventana que se muestra en la Figura 86.



The screenshot shows a window titled "INGRESO DE DATOS PARA EL ESTUDIO r&R PARA FUNCIONES CON AC". The window has a title bar with the text "datos_fac_7485017". Inside the window, there are several input fields and buttons. The input fields are organized into two columns. The left column contains fields for "FECHA (AAAA-MM-DD)", "FUNCION", "RANGO", "UNIDAD", "FRECUENCIA INICIAL", "UNIDAD", "FRECUENCIA FINAL", "UNIDAD", "VALOR NOMINAL", "UNIDAD", "FRECUENCIA NOMINAL", "UNIDAD", and "TOLERANCIA", "UNIDAD". The right column contains fields for "OPERADOR", "EQUIPO", "DESCRIPCION", "SERIE", "VALORES", and "UNIDAD". At the bottom of the window, there are two buttons: "INGRESAR DATOS" and "SALIR".

Figura 86: Ventana para el Ingreso de los Datos para Funciones con AC

Para completar esta ventana, se deben llenar cada uno de los espacios en blanco que

aparecen en pantalla, a continuación se explica como completar los espacios que son diferentes a los de las Funciones con DC:

- En **Frecuencia Inicial** y **Frecuencia Final** se coloca el valor del rango inicial de frecuencia y el valor del rango final de la frecuencia del instrumento utilizado.
- En **Frecuencia Nominal** se coloca el valor nominal de la frecuencia del instrumento utilizado.

En la Figura 87 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos para Funciones con AC.

The screenshot shows a software window titled "datos_fac_7485017" with the main heading "INGRESO DE DATOS PARA EL ESTUDIO r&R PARA FUNCIONES CON AC". The form is organized into several sections:

- FECHA (AAAA-MM-DD):** 2006-01-15
- FUNCION:** VOLTAJE AC
- OPERADOR:** Milton Villarreal
- EQUIPO:**
 - DESCRIPCION: Multímetro Digital, Fluke
 - SERIE: 89010629
- PARAMETERS (Left Column):**
 - RANGO: 600.0, UNIDAD: V
 - FRECUENCIA INICIAL: 500, UNIDAD: Hz
 - FRECUENCIA FINAL: 1, UNIDAD: kHz
 - VALOR NOMINAL: 570.0, UNIDAD: V
 - FRECUENCIA NOMINAL: 1, UNIDAD: kHz
 - TOLERANCIA: 8, UNIDAD: V
- PARAMETERS (Right Column):**
 - VALORES: 570.7, 570.7, 570.7, 570.8, 570.8
 - UNIDAD: V

At the bottom right, there are two buttons: "INGRESAR DATOS" and "SALIR".

Figura 87: Ejemplo para Ingresar los Datos para Funciones con AC

10. Cuando ya se han terminado de digitar cada uno de los datos tomados durante el estudio, se presiona el botón **REPORTE** de la ventana que se muestra en la Figura 85 y aparece la ventana que se muestra en la Figura 88.

**REPORTE DEL ESTUDIO r&R
PARA FUNCIONES CON AC**

FECHA

FUNCION

RANGO UNIDAD VALOR NOMINAL UNIDAD

ANOVA
PROMEDIO - RANGO
SALIR

Figura 88: Ventana de Reporte para Funciones con AC

Para completar esta ventana, se deben llenar cada uno de los espacios en blanco que aparecen en pantalla tal como se completaron en la ventana de la Figura 86.

En la Figura 89 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos para realizar el Reporte de las Funciones con AC.

**REPORTE DEL ESTUDIO r&R
PARA FUNCIONES CON AC**

FECHA

FUNCION

RANGO UNIDAD FRECUENCIA INICIAL UNIDAD FRECUENCIA FINAL UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD FRECUENCIA NOMINAL UNIDAD

ANOVA
PROMEDIO - RANGO
SALIR

Figura 89: Ejemplo para realizar el Reporte para Funciones con AC

11. Se presiona el botón **ANOVA** o **PROMEDIO - RANGO** según sea el reporte que se quiera obtener. A continuación se muestran los reportes obtenidos del Estudio r&R utilizando tanto el método ANOVA como el método PROMEDIO - RANGO para

la Función Voltaje AC con Rango de 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal de 300,0 mV (450 Hz).

Estudio r&R

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS

Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)

Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método Anova el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-10-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	3,3 mV
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	3,3 mV
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	3,3 mV

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por

Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por

Director del Laboratorio

Primera Página del Reporte utilizando el Método de Anova para la Función Voltaje AC
con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz)

182

Los datos obtenidos por los 3 operadores al realizar 5 mediciones con los 3 equipos ensayados para la función VOLTAJE AC con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz) son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE AC					Rango: 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz)					Valor: 300,0 mV (450 Hz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mV)					2 (mV)					3 (mV)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
2	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1
3	299,9	300,0	300,0	299,9	300,0	299,9	300,0	300,0	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

La Tabla de Anova para este estudio es la Tabla 5.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados (mV)	Grados de libertad	Cuadrados Medios (mV)
Operador	0,0058	2	0,0029
Equipo	0,1618	2	0,0809
Interacción (Operador-Equipo)	0,0089	4	0,0022
Error	0,0600	36	0,0017

Tabla 5: Tabla Anova

El análisis del Estudio r&R se muestra en la Tabla 6.

Parámetro	mV	%
Repetibilidad (r)	0,2102	6,37
Reproducibilidad (R)	0,0343	1,04
Interacción (I)	0,0543	1,65
r&R	0,2198	6,66

Tabla 6: Análisis de r&R

De la Tabla 6 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Segunda Página del Reporte utilizando el Método de Anova para la Función Voltaje AC
con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz)

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-10-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	3,3 mV
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	3,3 mV
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	3,3 mV

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Primera Página del Reporte con el Método del Promedio - Rango para la Función Voltaje AC con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz)

Estudio r&R

Los datos obtenidos por los 3 operadores al realizar 5 mediciones con los 3 equipos ensayados para la función VOLTAJE AC con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz) son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE AC					Rango: 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz)					Valor: 300,0 mV (450 Hz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mV)					2 (mV)					3 (mV)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
2	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1
3	299,9	300,0	300,0	299,9	300,0	299,9	300,0	300,0	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mV)	R (mV)	R (mV)
1	0,00	0,10	0,00
2	0,10	0,10	0,10
3	0,10	0,10	0,00

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mV)	X (mV)
1	0,07	300,01
2	0,10	300,02
3	0,03	299,99
R = 0,07 mV		
Xd = 0,03 mV		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mV	%
Repetibilidad (r)	0,15	4,67
Reproducibilidad (R)	0,07	2,13
r&R	0,17	5,13

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Segunda Página del Reporte con el Método del Promedio - Rango para la Función Voltaje AC con Rango = 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz) y Valor Nominal = 300,0 mV (450 Hz)

3.4.4.3. *Procedimiento para la Comparación entre Laboratorios*

La Comparación entre Laboratorios se hace anualmente dentro del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP con el fin de realizar el seguimiento respectivo de la validez de las calibraciones que se llevan a cabo.

Dicha comparación se realiza con cualquier otro Laboratorio de Calibración "Laboratorio X" siempre y cuando éste tenga implementada la Norma Técnica NTC - ISO 17025 [5].

Para llevar a cabo esta actividad, se siguen los siguientes pasos:

1. Se debe acordar con el Laboratorio X, lo siguiente:
 - La fecha de realización de la comparación.
 - Cuál será el Laboratorio de Referencia y el Laboratorio Confrontado (Laboratorio X).
 - Las especificaciones pertinentes del Instrumento Viajero.
 - El procedimiento de Calibración que se va a utilizar.
2. Si el Laboratorio de Referencia es el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP, se hace lo siguiente:
 - Se verifica que el Instrumento Viajero se encuentre en óptimas condiciones, para esto se utilizan las Pruebas de Funcionamiento¹³ establecidas en la hoja de vida del equipo.
 - Se calibra el Instrumento Viajero¹⁴ (Equipo del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP) dentro de las instalaciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP. Esta actividad se desarrolla antes de desplazarse a las instalaciones del Laboratorio Confrontado (Laboratorio X).

¹³Para estas pruebas, el Laboratorio realiza la prueba de aptitud.

¹⁴Esta calibración se realiza teniendo en cuenta el procedimiento establecido en el laboratorio y además se realiza el reporte de calibración correspondiente.

- Se desplaza el personal del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP con el Instrumento Viajero a las instalaciones del Laboratorio Confrontado (Laboratorio X).
 - Se realiza la calibración respectiva del Instrumento Viajero en las instalaciones del Laboratorio Confrontado (Laboratorio X). Esta calibración es hecha por el personal del Laboratorio Confrontado (Laboratorio X).
 - Se hace el Reporte de Comparación entre Laboratorios con los datos obtenidos de la calibración en cada uno de los laboratorios.
- 3.** Si el Laboratorio de Referencia es el Laboratorio X, se hace lo siguiente:
- Se calibra el Instrumento Viajero (Equipo del Laboratorio X) en las instalaciones del Laboratorio X.
 - Se desplaza el personal del Laboratorio X con el Instrumento Viajero a las instalaciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP.
 - Se realiza la calibración respectiva del Instrumento Viajero en las instalaciones del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP. Esta calibración es hecha por el personal del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP.
 - Se hace el Reporte de Comparación entre Laboratorios con los datos obtenidos de la calibración en cada uno de los laboratorios.

Para realizar el reporte de la Comparación entre Laboratorios, se utiliza el formato del Cuadro 48 del Apéndice B y una vez se tienen los datos dentro de este formato, se procede a realizar el reporte utilizando el *ASECALMET* de la siguiente manera:

1. Se inicia el *ASECALMET* como se indicó en la sección 4.2 y presionando el botón de **COMPARACION ENTRE LABORATORIOS** de la ventana de la Figura 68 aparece la ventana de la Figura 90.



Figura 90: Ventana de Comparación entre Laboratorios

2. Para ingresar los datos del formato de la Comparación entre Laboratorios, se presiona el botón **INGRESO DE DATOS** de la ventana de la Figura 90 y aparece la ventana que se muestra en la Figura 91.



Figura 91: Ventana de Ingreso de Datos para la Comparación entre Laboratorios

3. Al presionar el botón de **DATOS GENERALES** de la ventana de la Figura 91, aparece la ventana que se muestra en la Figura 92.

GENERAL_7485017

DATOS GENERALES

FECHA (AAAA-MM-DD)

INSTRUMENTO VIAJERO

SERIE

LABORATORIO REFERENCIA

ABREVIADO

LABORATORIO CONFRONTADO

ABREVIADO

PATRON REFERENCIA

SERIE

PATRON CONFRONTADO

SERIE

PROCEDIMIENTO

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 92: Ventana para Ingresar los Datos Generales

Para completar esta ventana, se ingresan los datos en cada uno de los espacios en blanco que aparecen en pantalla como se explica a continuación:

- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo el formato de comparación, la forma de escribirla es **AAAA-MM-DD**. Por ejemplo si la toma de datos se realizó el día 15 de enero del 2006, entonces la forma de escribir esta Fecha es 2006-01-15.
- En **INSTRUMENTO VIAJERO** se anota la descripción de este equipo¹⁵.
- En **SERIE** se escribe la serie del Instrumento Viajero.
- En **LABORATORIO REFERENCIA** se escribe el nombre del laboratorio que será la referencia dentro de esta comparación.
- En **ABREVIADO** se escribe la abreviatura del nombre del laboratorio de referencia.
- En **PATRON REFERENCIA** se escribe la descripción del equipo que utilizó el laboratorio de referencia para esta comparación.

¹⁵ Colocando su clase, marca y referencia.

- En **SERIE** se escribe la serie del Patrón de Referencia.
- En **LABORATORIO CONFRONTADO** se escribe el nombre del laboratorio con el cual se realizó la comparación.
- En **ABREVIADO** se escribe la abreviatura del nombre del laboratorio confrontado.
- En **PATRON CONFRONTADO** se escribe la descripción del equipo que utilizó el laboratorio confrontado para esta comparación.
- En **SERIE** se escribe la serie del Patrón Confrontado.
- En **PROCEDIMIENTO** se coloca el procedimiento acordado entre los dos laboratorios para desarrollar esta actividad.

En la Figura 93 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

DATOS GENERALES

FECHA (AAAA-MM-DD)
2005-01-16

INSTRUMENTO VIAJERO
Multímetro Digital Fluke

SERIE
6629019

LABORATORIO REFERENCIA
Laboratorio de Metrolog

ABREVIADO
LME - UTP

LABORATORIO CONFRONTADO
Laboratorio de Patronar

ABREVIADO
LPEE - UNIVAL

PATRON REFERENCIA
Calibrador Fluke 5500A

SERIE
6480011

PATRON CONFRONTADO
Calibrador Fluke 5500

SERIE
7485017

PROCEDIMIENTO
Procedimiento descrito en el manual de s

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 93: Ejemplo para Ingresar los Datos Generales

4. Cuando ya todos los espacios de la ventana de la Figura 92 están completos, se hace click en el botón **INGRESAR DATOS** y aparecen las ventanas de las Figuras 73 y 74.

5. Para ingresar los datos de las Condiciones Ambientales se presiona el botón **CONDICIONES AMBIENTALES** de la ventana de la Figura 91 y aparece la ventana de la Figura 94.

COND_AMB_7485017

CONDICIONES AMBIENTALES

FECHA (AAAA-MM-DD)

LABORATORIO REFERENCIA LABORATORIO CONFRONTADO

Temperatura (°C) Temperatura (°C)

Humedad Relativa (%) Humedad Relativa (%)

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 94: Ventana para Ingresar los Datos de las Condiciones Ambientales

Para completar esta ventana, se deben ingresar datos en cada uno de los espacios en blanco como se explica a continuación:

- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo el formato de Comparación entre Laboratorios, esta fecha es la misma que se colocó en Datos Generales..
- En **TEMPERATURA** se escribe la temperatura tanto del Laboratorio de Referencia como la del Laboratorio Confrontado en el momento en que se hizo la calibración, se debe tener cuidado de no intercambiar el espacio que corresponde a cada laboratorio.
- En **HUMEDAD RELATIVA** se escribe la humedad relativa tanto del Laboratorio de Referencia como la del Laboratorio Confrontado en el momento en que se hizo la calibración.

En la Figura 95 se muestra esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

Figura 95: Ejemplo del Ingreso de las Condiciones Ambientales

6. Para ingresar los Datos del Calendario se presiona el botón **CALENDARIO** de la ventana de la Figura 91 y aparece la ventana de la Figura 96.

Figura 96: Ventana para el Ingreso del Calendario

Para completar esta ventana, se ingresan los datos en cada uno de los espacios en blanco como se explica a continuación:

- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo el formato de Comparación entre Laboratorios, esta fecha es igual a la de los Datos Generales.

- En **NUMERO CERTIFICADO** se escribe el número que le corresponde al reporte de comparación que se está realizando.
- En **LUGAR DE CALIBRACION 1** se escribe el lugar donde se realizó la primera calibración del equipo.
- En **FECHA 1** se escribe la fecha en que se realizó la primera calibración del equipo.
- En **LUGAR DE CALIBRACION 2** se escribe el lugar donde se realizó la segunda calibración del equipo.
- En **FECHA 2** se escribe la fecha en que se realizó la segunda calibración del equipo.

En la Figura 97 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

The screenshot shows a software window titled "CALENDARIO_7485017". Inside, the main heading is "CALENDARIO". Below it, there are several data entry fields:

- FECHA (AAAA-MM-DD)**: 2005-01-16
- NUMERO CERTIFICADO**: 001 - 2004
- LUGAR DE CALIBRACION 1**: Laboratorio de Variables Eléctric.
- LUGAR DE CALIBRACION 2**: Laboratorio de Patronamiento de
- FECHA 1 (AAAA-MM-DD)**: 2004-11-18
- FECHA 2 (AAAA-MM-DD)**: 2004-11-26

At the bottom of the window, there are two buttons: "INGRESAR DATOS" and "SALIR".

Figura 97: Ejemplo del Ingreso de los Datos del Calendario

7. Para ingresar los datos de la Trazabilidad se presiona el botón **TRAZABILIDAD** de la ventana de la Figura 91 y aparece la ventana de la Figura 98.

Figura 98: Ventana de Ingreso de los Datos de la Trazabilidad

Para completar esta ventana, se ingresan los datos en cada uno de los espacios en blanco que aparecen en pantalla como se explica a continuación:

- En **FECHA**, se coloca el año, el mes y el día en que se hizo el formato de Comparación entre Laboratorios¹⁶.
- En **FECHA CERTIFICADO CALIBRACION**, se coloca el año, el mes y el día de la última calibración que se le hizo al equipo patrón ante una entidad reconocida¹⁷.
- En **ENTIDAD**, se coloca el nombre de la entidad que realizó la última calibración al equipo patrón.
- En **NUMERO CERTIFICADO**, se coloca el número del certificado de la última calibración que se le realizó al equipo patrón.

En la Figura 99 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

¹⁶Esta fecha es la misma que se colocó al ingresar los Datos Generales.

¹⁷En cada uno de estos espacios se coloca la fecha respectiva para cada uno de los laboratorios.

Figura 99: Ejemplo del Ingreso de Datos de la Trazabilidad

8. Para ingresar los datos del Personal que participó en este estudio, se presiona el botón de **PERSONAL INVOLUCRADO** de la ventana de la Figura 91 y aparece la ventana de la Figura 100.

Figura 100: Ventana de ingreso de datos del Personal Involucrado

Para completar esta ventana, se deben ingresar datos en cada uno de los espacios en blanco como se explica a continuación:

- En **FECHA**, se coloca el año, el mes y el día en que se hizo el formato de Comparación entre Laboratorios, esta fecha es la misma que se colocó al ingresar los datos generales.
- En **NOMBRE DEL ENCARGADO**, se colocan los nombres y apellidos de cada una de las personas que participaron en esta comparación.
- En **CARGO**, se coloca el cargo que ocupa cada una de las personas involucradas en este estudio dentro de cada Laboratorio.

En la Figura 101 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

The screenshot shows a software window titled 'PERSONAL INVOLUCRADO' with a blue title bar. The window has a light beige background. At the top, it says 'PERSONAL INVOLUCRADO' in bold. Below this, there is a text input field for 'FECHA (AAAA-MM-DD)' containing '2005-01-16'. The window is divided into two columns: 'LABORATORIO REFERENCIA' and 'LABORATORIO CONFRONTADO'. Each column has two text input fields: 'NOMBRE DEL ENCARGADO' and 'CARGO'. For the 'LABORATORIO REFERENCIA' column, the name is 'Luis Gregorio Meza C.' and the cargo is 'Jefe de Calibración UTP'. For the 'LABORATORIO CONFRONTADO' column, the name is 'Francisco J. García' and the cargo is 'Ingeniero de Pruebas UH'. At the bottom of the window, there are two buttons: 'INGRESAR DATOS' and 'SALIR'.

Figura 101: Ejemplo del ingreso de datos del Personal Involucrado

9. Cuando se han introducido los datos generales, los de las condiciones ambientales, los del calendario, los de la trazabilidad y los del personal involucrado¹⁸, se ingresan los datos de la Intercomparación presionando el botón **DATOS INTERCOMPARACIÓN** de la ventana de la Figura 91 y aparece la ventana de la Figura 102.

¹⁸Estos datos sólo se introducen una sola vez para el estudio de comparación entre laboratorios.

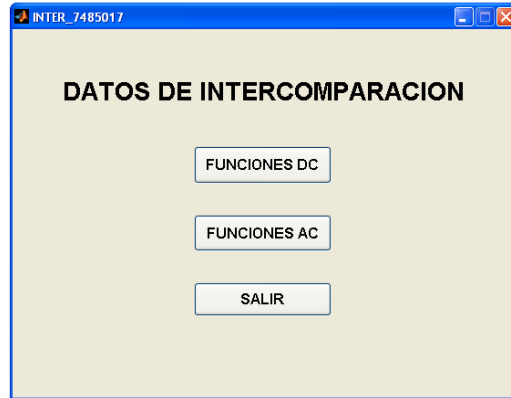


Figura 102: Ventana de Ingreso de Datos de la Intercomparación

10. Si los datos que se desean ingresar son de una Función de Corriente Continua, se presiona el botón **FUNCIONES DC** de la ventana de la Figura 102 y aparece la ventana de la Figura 103.

Figura 103: Ventana de Ingreso de los Datos de Intercomparación para Funciones DC

Para completar esta ventana, se deben ingresar datos en cada uno de los espacios en blanco que aparecen en pantalla, a continuación se explica como llenar cada uno de estos espacios:

- En **FECHA** se coloca el año, el mes y el día en que se hizo la comparación, esta fecha es la misma que se colocó al ingresar los datos generales.
- En **FUNCION** se coloca la función para la cual se está realizando la comparación.
- En **RANGO FUNCION** se coloca el rango de la función para la cual se está realizando la comparación entre Laboratorios.
- En **VALOR NOMINAL** se coloca el valor nominal de la función para la cual se está realizando la comparación.
- En **MEJOR ESTIMADO** se coloca el dato del mejor estimado obtenido de la calibración para esta función en este rango y valor nominal¹⁹.
- En **INCERTIDUMBRE EXPANDIDA** se coloca el dato de la incertidumbre expandida obtenido de la calibración para esta función en este rango y valor nominal²⁰.

Notas:

- Todos los números decimales se escriben con punto y no con coma.
- En el espacio de **UNIDAD** se coloca la unidad de la cantidad que se encuentra enseguida de cada espacio.
- Si la Función analizada es la de Resistencia, la unidad Ω se debe escribir como Ohm.
- La Fecha se escribe de la forma **AAAA-MM-DD**. Por ejemplo si la toma de datos se realizó el día 15 de enero del 2006, entonces la forma de escribir esta Fecha es 2006-01-15.

En la Figura 104 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

¹⁹Se debe colocar tanto el valor del mejor estimado obtenido por el Laboratorio de Referencia como del Laboratorio Confrontado en su espacio correspondiente.

²⁰Se debe colocar tanto el valor de la incertidumbre expandida obtenida por el Laboratorio de Referencia como del Laboratorio Confrontado en su espacio correspondiente.

DATOS DE INTERCOMPARACION PARA FUNCIONES CON DC

FECHA (AAA-MM-DD)
2005-01-16

FUNCION
VOLTAJE DC

RANGO FUNCION UNIDAD
100 mV

VALOR NOMINAL UNIDAD
0.000 mV

LABORATORIO REFERENCIA

MEJOR ESTIMADO UNIDAD
0.000 mV

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA UNIDAD
0.003400 mV

LABORATORIO CONFRONTADO

MEJOR ESTIMADO UNIDAD
0.000 mV

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA UNIDAD
0.0006 mV

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 104: Ejemplo del Ingreso de Datos de Intercomparación para Funciones DC

11. Si los datos que se desean ingresar son de una Función de Corriente Alterna, se presiona el botón **FUNCIONES AC** de la ventana de la Figura 102 y aparece la ventana de la Figura 105.

DATOS DE INTERCOMPARACION PARA FUNCIONES CON AC

FECHA (AAA-MM-DD)

FUNCION

RANGO FUNCION UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

FRECUENCIA UNIDAD

LABORATORIO REFERENCIA

MEJOR ESTIMADO UNIDAD

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA UNIDAD

LABORATORIO CONFRONTADO

MEJOR ESTIMADO UNIDAD

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA UNIDAD

INGRESAR DATOS

SALIR

Figura 105: Ventana de Ingreso de los Datos de Intercomparación para Funciones AC

Esta ventana se completa de la misma forma que la ventana de la Figura 103, en el espacio donde aparece **FRECUENCIA**, se coloca la frecuencia nominal con la cual trabajó la función especificada para ese rango y valor nominal.

En la Figura 106 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

Figura 106: Ejemplo del Ingreso de Datos de Intercomparación para Funciones AC

12. Cuando ya se han terminado de digitar cada uno de los datos tomados durante el estudio, se procede a pulsar el botón **REPORTE** de la ventana que se muestra en la Figura 90 y aparece la ventana que se muestra en la Figura 107.

Figura 107: Ventana para realizar el Reporte de la Comparación entre Laboratorios

13. Al presionar el botón para **FUNCIONES DC** de la ventana de la Figura 107 aparece la ventana de la Figura 108.

REPORTE_FDC_7485017

**REPORTE DE INTERCOMPARACION
PARA FUNCIONES CON DC**

FECHA (AAA-MM-DD)

FUNCION

RANGO UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

REPORTE

SALIR

Figura 108: Ventana de Reporte para Funciones con DC

Para completar esta ventana, se ingresan los datos tal como se ingresaron en la ventana de la Figura 103. En la Figura 109 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

REPORTE_FDC_7485017

**REPORTE DE INTERCOMPARACION
PARA FUNCIONES CON DC**

FECHA (AAA-MM-DD)

FUNCION

RANGO UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

REPORTE

SALIR

Figura 109: Ejemplo del Ingreso de Datos para realizar el Reporte para Funciones con DC

14. Para obtener el reporte correspondiente a la Función con el Rango y el Valor Nominal especificados, se presiona el botón de **REPORTE** de la ventana de la Figura 109.

A continuación se muestra el reporte de la Comparación entre Laboratorios para la Función Resistencia con Rango de 300 Ohm y Valor Nominal de 100 Ohm.

Comparación entre Laboratorios			
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS Reporte de Comparación entre Laboratorios No. 002-2006			
<p>Este reporte muestra por medio del criterio del error normalizado el comportamiento del equipo patrón "EL CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN FLUKE 5500 A SERIE 7485017" del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP al participar en una prueba de intercomparación con otro laboratorio de calibración también acreditado.</p>			
<p>DATOS GENERALES: Los datos generales de los laboratorios involucrados en este estudio son los de la Tabla 1.</p>			
Fecha	2006-07-11		
Laboratorio de Referencia	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira		
Laboratorio Confrontado	Laboratorio de Patronamiento Eléctrico de la Universidad del Valle		
Instrumento Viajero	Multímetro Digital Fluke 45 Serie: 6629041		
Patrón de Referencia	Calibrador Fluke 5500A Serie: 7485017		
Patrón Confrontado	Calibrador Fluke 5500A Serie: 6480011		

Tabla 1: Datos de los Laboratorios

CONDICIONES AMBIENTALES:
 Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizaron las mediciones para llevar a cabo este estudio son las de la Tabla 2.

Laboratorio de Referencia (LME-UTP)		Laboratorio Confrontado (LPFE)	
Temperatura	24 °C	Temperatura	21,3 °C
Humedad Relativa	41 %	Humedad Relativa	49,5 %

Tabla 2: Condiciones Ambientales

NOTAS:
 Según el manual de servicio del Multímetro Fluke 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18 °C y 28 °C y Humedad Relativa menor del 70 %.

Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el instrumento viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

Primera Página del Reporte para la Función Resistencia con Rango = 300 Ohm y Valor Nominal = 100 Ohm

CALENDARIO:

El calendario con las fechas y los lugares en los cuales se realizó este estudio se muestra en la Tabla 3.

Fecha	Lugar de Calibración	Número de Certificado
2006-06-21	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira	002-2006
2006-06-30	Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico (UNIVALLE)	002-2006

Tabla 3: Calendario

PROCEDIMIENTO:

El Procedimiento utilizado para este estudio es el Procedimiento descrito en el manual de servicio del Multímetro FLUKE 45, llamado PERFORMANCE TEST.

TRAZABILIDAD:

La información sobre la trazabilidad de los equipos utilizados para ejecutar este estudio, se muestran en la Tabla 4.

Laboratorio	Equipo Empleado	Número de Serie	Fecha de Calibración
Confrontado	Calibrador Fluke 5500A	6480011	2005-02-01
Referencia	Calibrador Fluke 5500A	7485017	2005-08-15

Tabla 4: Información de Trazabilidad

Este reporte expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Sólo podrá ser reproducido totalidad. Los resultados en él contenidos se refieren al momento y condiciones bajo las cuales se realizaron las mediciones.

Francisco J. García
Ingeniero de Pruebas UNIVALLE
Revisado por

Luis Gregorio Meza C.
Jefe de Calibración UTP
Elaborado por

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 Ohm y Valor Nominal 100 Ohm, son los de la Tabla 5.

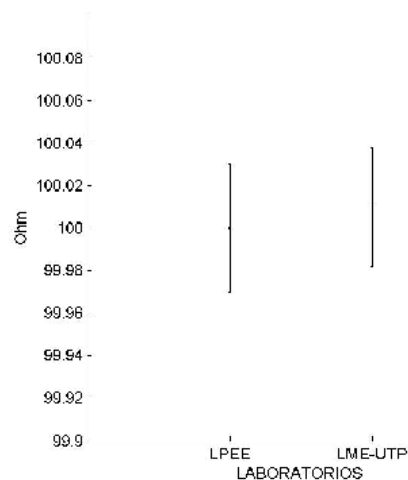
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 Ohm			
Valor Nominal: 100 Ohm			
Xconf (Ohm)	Xref (Ohm)	Uconf (Ohm)	Uref (Ohm)
100,000	100,010	0,03	0,028

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,24369$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

15. Si el Reporte que se desea realizar es para una Función de Corriente Alterna, se presiona el botón **FUNCIONES AC** en la ventana de la Figura 107 y aparece la ventana de la Figura 110.

REPORTE_FAC_7485017

**REPORTE DE INTERCOMPARACION
PARA FUNCIONES CON AC**

FECHA (AAA-MM-DD)

FUNCION

RANGO UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

FRECUENCIA UNIDAD

REPORTE

SALIR

Figura 110: Ventana de Reporte para Funciones con AC

Esta ventana se completa de la misma forma que la ventana de la Figura 109, pero en el espacio donde aparece **FRECUENCIA**, se coloca la frecuencia nominal con la cual se está trabajando. En la Figura 111 se muestra nuevamente esta ventana con un ejemplo de como se deben ingresar los datos.

REPORTE_FAC_7485017

**REPORTE DE INTERCOMPARACION
PARA FUNCIONES CON AC**

FECHA (AAA-MM-DD)

FUNCION

RANGO UNIDAD

VALOR NOMINAL UNIDAD

FRECUENCIA UNIDAD

REPORTE

SALIR

Figura 111: Ejemplo del Ingreso de Datos para realizar el Reporte de Funciones con AC

16. Para obtener el reporte correspondiente a la Función con el Rango y el Valor Nominal especificados, se presiona el botón de **REPORTE** de la ventana de la Figura 111. A continuación se muestra el reporte de la Comparación entre Laboratorios para la Función Corriente AC con Rango de 30 mA (1 kHz) y Valor Nominal de 30 mA.

Comparación entre Laboratorios

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte de Comparación entre Laboratorios No. 002-2006

Este reporte muestra por medio del criterio del error normalizado el comportamiento del equipo patrón "EL CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN FLUKE 5500 A SERIE 7485017" del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP al participar en una prueba de intercomparación con otro laboratorio de calibración también acreditado.

DATOS GENERALES:
Los datos generales de los laboratorios involucrados en este estudio son los de la Tabla 1.

Fecha	2006-07-11
Laboratorio de Referencia	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira
Laboratorio Confrontado	Laboratorio de Patronamiento Eléctrico de la Universidad del Valle
Instrumento Viajero	Multímetro Digital Fluke 45 Serie: 6629041
Patrón de Referencia	Calibrador Fluke 5500A Serie: 7485017
Patrón Confrontado	Calibrador Fluke 5500A Serie: 6480011

Tabla 1: Datos de los Laboratorios

CONDICIONES AMBIENTALES:
Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizaron las mediciones para llevar a cabo este estudio son las de la Tabla 2.

Laboratorio de Referencia (LME-UTP)		Laboratorio Confrontado (LPPE)	
Temperatura	24 °C	Temperatura	21,3 °C
Humedad Relativa	41 %	Humedad Relativa	49,5 %

Tabla 2: Condiciones Ambientales

NOTAS:
Según el manual de servicio del Multímetro Fluke 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18 °C y 28 °C y Humedad Relativa menor del 70 %.

Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el instrumento viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

Primera Página del Reporte para la Función Corriente AC con Rango = 30 mA (1kHz) y
Valor Nominal = 30 mA

CALENDARIO:

El calendario con las fechas y los lugares en los cuales se realizó este estudio se muestra en la Tabla 3.

Fecha	Lugar de Calibración	Número de Certificado
2006-06-21	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira	002-2006
2006-06-30	Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico (UNIVALLE)	002-2006

Tabla 3: Calendario

PROCEDIMIENTO:

El Procedimiento utilizado para este estudio es el Procedimiento descrito en el manual de servicio del Multímetro FLUKE 45, llamado PERFORMANCE TEST.

TRAZABILIDAD:

La información sobre la trazabilidad de los equipos utilizados para ejecutar este estudio, se muestran en la Tabla 4.

Laboratorio	Equipo Empleado	Número de Serie	Fecha de Calibración
Confrontado	Calibrador Fluke 5500A	6480011	2005-02-01
Referencia	Calibrador Fluke 5500A	7485017	2005-08-15

Tabla 4: Información de Trazabilidad

Este reporte expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Sólo podrá ser reproducido totalidad. Los resultados en él contenidos se refieren al momento y condiciones bajo las cuales se realizaron las mediciones.

Francisco J. García
Ingeniero de Pruebas UNIVALLE
Revisado por

Luis Gregorio Meza C.
Jefe de Calibración UTP
Elaborado por

Segunda Página del Reporte para la Función Corriente AC con Rango = 30 mA (1kHz) y

Valor Nominal = 30 mA

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE AC en el Rango 30 mA y Valor Nominal 30 mA, son los de la Tabla 5.

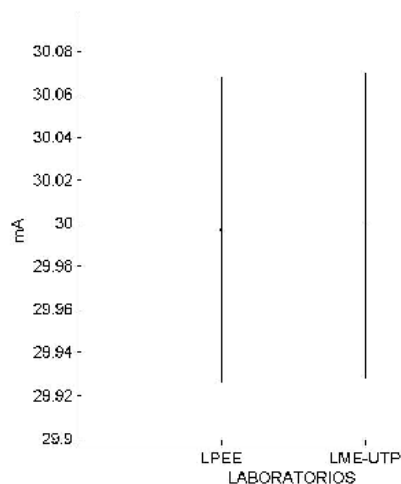
Función: CORRIENTE AC			
Rango: 30 mA (1 kHz)			
Valor Nominal: 30 mA			
Xconf (mA)	Xref (mA)	Uconf (mA)	Uref (mA)
29,997	29,999	0,071	0,071

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,019919$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

3.4.4.4. *Procedimiento para Determinar los Intervalos de Calibración*

El procedimiento que se propone en este trabajo para calcular los intervalos de calibración de los equipos patrón del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP, es muy sencillo gracias a la ventaja que posee dicho laboratorio al contar con dos equipos patrón con las mismas características.

Hasta el momento la calibración de cada uno de estos equipos se realiza cada año, siguiendo con las instrucciones que da el fabricante, pero con la elaboración de este proyecto se pretende demostrar que dicha calibración puede realizarse a otro intervalo de tiempo según sea el estado en que se encuentren funcionando cada uno de ellos.

Los pasos que se deben seguir para realizar este procedimiento son:

1. Se le realiza la calibración a uno de los equipos patrón del laboratorio y una vez obtenido el correspondiente reporte se identifica el estado en que éste se encuentra verificando que cumple con sus especificaciones. En caso de que esta verificación sea afirmativa, se toma a este equipo como referencia.
2. Por medio del *ASECALMET* se le realiza el seguimiento estadístico a cada uno de los equipos patrón.
3. Se comparan los resultados obtenidos al realizar este seguimiento y se determina como es el comportamiento del equipo patrón que no se encuentra calibrado en ese momento.
4. El encargado de calidad del laboratorio interpreta el resultado obtenido después de la comparación y establece cuando se le debe realizar la próxima calibración al equipo que no se encuentra calibrado.
5. Una vez se calibra el equipo que estaba sometido al de referencia, se invierten los papeles y éste se convierte entonces en el patrón de referencia.

Al implementar este procedimiento dentro del laboratorio, se espera que la calibración de cada equipo patrón pueda realizarse por lo mínimo una vez cada dos años demostrando

por medio de la comparación entre ellos y de su seguimiento estadístico que se encuentran funcionando correctamente.

La recomendación para asegurar que dicho procedimiento sea confiable es que se deben calibrar los equipos alternadamente, es decir un año uno y al año siguiente el otro, para de esta manera garantizar que anualmente uno de los equipos patrón se encuentra calibrado.

Capítulo IV

VALIDACIÓN DEL ASECALMET

Los procedimientos que se realizan hoy en día para el Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones dentro del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira fueron diseñados por el mismo laboratorio haciendo el reporte con la ayuda del programa excel para realizar los cálculos y del programa word para la elaboración del formato de presentación. Esta actividad es ejecutada manualmente por el Jefe de Calibración/Ensayo del laboratorio lo cual hace de esta tarea un trabajo largo y dispendioso con grandes probabilidades de equivocación a la hora de transcribir los datos y realizar los cálculos.

Con el fin de facilitar este trabajo, se creó el *ASECALMET* que es un software que tiene como objeto proporcionar rapidez, efectividad y confiabilidad en la realización de los procedimientos del Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones cumpliendo con los requisitos que exige la norma ISO NTC 17025 [5] dentro del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Una vez culminada la labor del diseño y ejecución del software, es muy importante verificar la veracidad de sus resultados antes de que se pueda implementar dentro del laboratorio. Este programa debe garantizar que cumple con todos los requerimientos que el laboratorio necesita para llevar a cabo sus procedimientos y por tal razón su validación se hará por medio de una comparación entre los resultados obtenidos en la actualidad por el laboratorio y los obtenidos a través *ASECALMET*.

A continuación se muestra la validación de cada uno de los procedimientos del Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones realizadas con el *ASECALMET*.

4.1. Procedimiento del Seguimiento Estadístico utilizando Cartas de Control \bar{X} Barra y S

La validación de este procedimiento se hará comparando los reportes proporcionados tanto por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP como por el *ASECALMET*, para esto se eligieron los datos obtenidos al realizar el seguimiento estadístico del equipo patrón Fluke 5500 A Serie 7485017.

Es conveniente aclarar que los reportes elaborados por el *ASECALMET* presentan diferencias con respecto a los reportes hechos por el Laboratorio de Calibración de Variables Eléctricas de la UTP en cuanto a su presentación, dichas diferencias consisten en que el *ASECALMET* va explicando paso por paso cada una de las tablas que se presentan dentro del informe con el fin de proporcionar una mayor facilidad a la hora de interpretar los resultados obtenidos.

Además es importante anotar que cuando alguno o algunos de los puntos de la carta de control se encuentran por fuera de los límites de control, el software no descarta ninguno de ellos, ya que esto lo debe realizar el encargado del procedimiento borrando de la base de datos aquel o aquellos puntos que desea descartar.

A continuación se muestran los reportes obtenidos para algunas funciones del equipo patrón con diferentes rangos y valores nominales.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055					Página 1 de _	
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 mV	0,0 mV		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (mV)	Valor de la línea central LCx (mV)		Valor del límite inferior LCLx (mV)		A3	
0,000	0,000		0,000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLS (mV)	Valor de la línea central LCS (mV)	Valor del límite inferior LCLS (mV)		B3	B4	
0,000	0,000	0,000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (mV)			PROMEDIO (mV)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (mV)
1	2006-02-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
2	2006-03-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
3	2006-04-17	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
4	2006-05-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
5	2006-06-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
6	2006-07-17	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
7	2006-09-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
8	2006-10-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
9	2006-11-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
10	2006-12-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (mV)		0,000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (mV)		0,000
FOR055-20061220-001						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 0,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center;">Gráfico X</div>	<div style="text-align: center;">Gráfico S</div>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-001	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 0,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 mV	Valor Nominal: 0,0 mV

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (mV)			X (mV)	S (mV)
Enero	2006-01-16	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Febrero	2006-02-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Marzo	2006-03-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Abril	2006-04-17	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Mayo	2006-05-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Junio	2006-06-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Julio	2006-07-10	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Septiembre	2006-09-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Octubre	2006-10-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Noviembre	2006-11-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Diciembre	2006-12-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

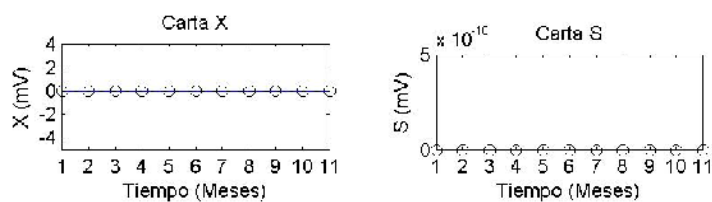
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 0,0 mV

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (mV)	LC (mV)	LCI (mV)
X	0,000	0,000	0,000
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

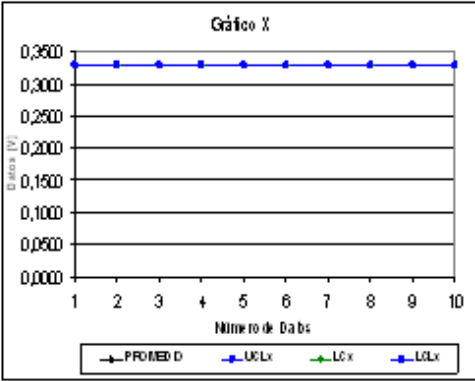
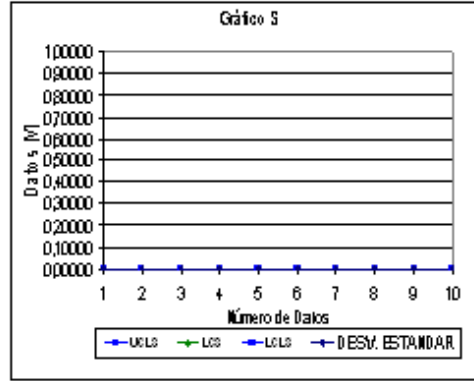
Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 0,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7483017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 mV	329,0 mV		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
0,3291	0,3291		0,3291		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)	B3		B4	
0,00000	0,00000	0,00000	0,000		2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
2	2006-03-13	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
3	2006-04-17	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
4	2006-05-15	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
5	2006-06-15	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
6	2006-07-17	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
7	2006-09-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
8	2006-10-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
9	2006-11-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
10	2006-12-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,3291	0,00000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,00000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		0,32910
FOR055-20061220-002						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> Gráfico X </div> 	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> Gráfico S </div> 
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-002	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 mV	Valor Nominal: 329 mV

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Febrero	2006-02-13	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Marzo	2006-03-13	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Abril	2006-04-17	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Mayo	2006-05-15	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Junio	2006-06-15	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Julio	2006-07-10	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Septiembre	2006-09-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Octubre	2006-10-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Noviembre	2006-11-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000
Diciembre	2006-12-05	0,3291	0,3291	0,3291	0,32910	0,00000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

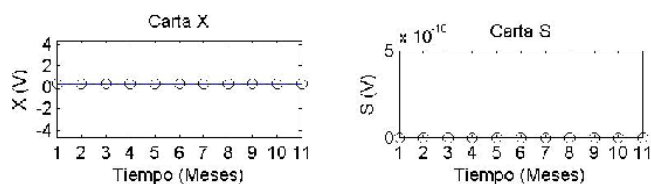
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 329 mV

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	0,32910	0,32910	0,32910
S	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Grificando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = 329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 mV	-329,0 mV		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
-0,3290	-0,3290		-0,3290		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLS (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLS (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
2	2006-03-13	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
3	2006-04-17	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
4	2006-05-15	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
5	2006-06-15	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
6	2006-07-17	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
7	2006-09-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
8	2006-10-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
9	2006-11-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
10	2006-12-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,3290	0,00000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-0,32900
FOR055-20061220-003						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = -329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p style="text-align: center;">Gráfico 1</p> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> ● PROMEDIO ● UCLx ● LCLx </p>	<p style="text-align: center;">Gráfico 2</p> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> ● UCLs ● LCS ● LCLs ● DESV. ESTANDAR </p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-003	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 mV y Valor Nominal = -329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 mV	Valor Nominal: -329 mV

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Febrero	2006-02-13	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Marzo	2006-03-13	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Abril	2006-04-17	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Mayo	2006-05-15	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Junio	2006-06-15	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Julio	2006-07-10	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Septiembre	2006-09-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Octubre	2006-10-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Noviembre	2006-11-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000
Diciembre	2006-12-05	-0,3290	-0,3290	-0,3290	-0,32900	0,00000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

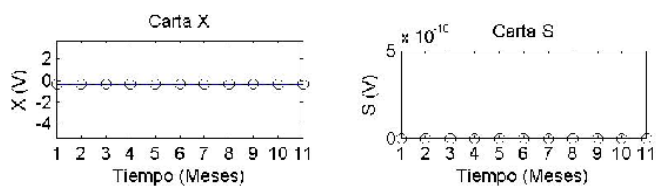
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = -329 mV

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	-0,32900	-0,32900	-0,32900
S	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graticando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 mV y Valor Nominal = -329 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
3,3 V	0,000 mV		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (mV)	Valor de la línea central LCx (mV)		Valor del límite inferior LCLx (mV)		A3	
0,0000	0,0000		0,0000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLS (mV)	Valor de la línea central LCS (mV)	Valor del límite inferior LCLS (mV)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (mV)			PROMEDIO (mV)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (mV)
1	2006-02-13	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
2	2006-03-13	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
3	2006-04-17	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
4	2006-05-15	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
5	2006-06-15	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
6	2006-07-17	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
7	2006-09-05	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
8	2006-10-05	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
9	2006-11-05	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
10	2006-12-05	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,00000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (mV)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (mV)		0,00000
FOR055-20061220-004						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,000 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGIA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center;">Gráfico X</div>	<div style="text-align: center;">Gráfico S</div>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-004	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,000 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 3,3 V	Valor Nominal: 0,000 mV

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (mV)			X (mV)	S (mV)
Enero	2006-01-16	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Febrero	2006-02-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Marzo	2006-03-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Abril	2006-04-17	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Mayo	2006-05-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Junio	2006-06-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Julio	2006-07-10	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Septiembre	2006-09-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Octubre	2006-10-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Noviembre	2006-11-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Diciembre	2006-12-05	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

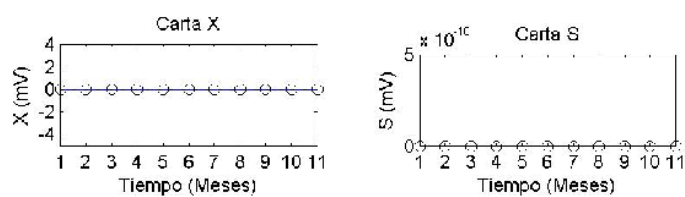
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,000 mV

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (mV)	LC (mV)	LCI (mV)
\bar{X}	0,000	0,000	0,000
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 0,000 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
3,3 V	3,29 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCL _x (V)	Valor de la línea central LC _x (V)		Valor del límite inferior LCL _x (V)		A3	
3,2910	3,2910		3,2910		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCL _S (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLS (V)	B3		B4	
0,00000	0,00000	0,00000	0,000		2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
2	2006-03-13	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
3	2006-04-17	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
4	2006-05-15	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
5	2006-06-15	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
6	2006-07-17	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
7	2006-09-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
8	2006-10-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
9	2006-11-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
10	2006-12-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,00000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		3,29100
FOR055-20061220-005						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p style="text-align: center;">Gráfico X</p> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> —●— PROMEDIO —●— UCLx —●— LCLx —●— LCLx </p>	<p style="text-align: center;">Gráfico S</p> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> —●— UCLs —●— LCLs —●— LCLs —●— DESV. ESTÁNDAR </p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="width: 45%;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-005	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 3,3 V	Valor Nominal: 3,29 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)				X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Febrero	2006-02-13	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Marzo	2006-03-13	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Abril	2006-04-17	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Mayo	2006-05-15	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Junio	2006-06-15	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Julio	2006-07-10	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Septiembre	2006-09-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Octubre	2006-10-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Noviembre	2006-11-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	
Diciembre	2006-12-05	3,291	3,291	3,291	3,2910	0,0000	

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

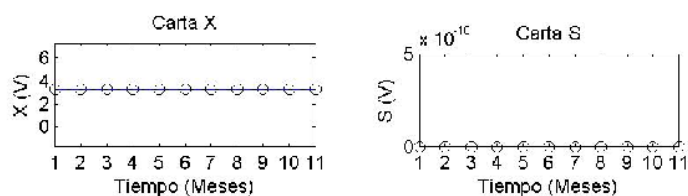
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 3,29 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	3,2910	3,2910	3,2910
S	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = 3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
3,3 V	-3,29 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
-3,2900	-3,2900		-3,2900		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCs (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
2	2006-03-13	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
3	2006-04-17	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
4	2006-05-15	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
5	2006-06-15	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
6	2006-07-17	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
7	2006-09-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
8	2006-10-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
9	2006-11-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
10	2006-12-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,00000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-3,29000
FOR055-20061220-006						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = -3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">Gráfico X</div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> —●— PROMEDIO —■— UCLx —■— LCLx —■— LCLx </p>	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">Gráfico S</div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> —■— UCLs —■— LCLs —■— LCLs —■— DESV. ESTÁNDAR </p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-006	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = -3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 3,3 V	Valor Nominal: -3,29 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)				X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Febrero	2006-02-13	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Marzo	2006-03-13	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Abril	2006-04-17	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Mayo	2006-05-15	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Junio	2006-06-15	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Julio	2006-07-10	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Septiembre	2006-09-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Octubre	2006-10-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Noviembre	2006-11-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	
Diciembre	2006-12-05	-3,290	-3,290	-3,290	-3,2900	0,0000	

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

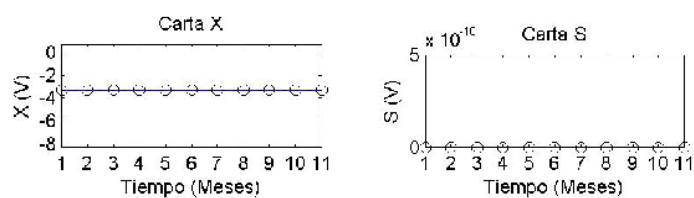
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = -3,29 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	-3,2900	-3,2900	-3,2900
S	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 3,3 V y Valor Nominal = -3,29 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 550Q A		7483017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
33 V	0,00 mV		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (mV)	Valor de la línea central LCx (mV)		Valor del límite inferior LCLx (mV)		A3	
0,000	0,000		0,000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLS (mV)	Valor de la línea central LCS (mV)	Valor del límite inferior LCLS (mV)		B3	B4	
0,000	0,000	0,000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (mV)			PROMEDIO (mV)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (mV)
1	2006-02-13	0,00	0,00	0,01	0,0033	0,00577
2	2006-03-13	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
3	2006-04-17	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
4	2006-05-15	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5	2006-06-15	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6	2006-07-17	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7	2006-09-05	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8	2006-10-05	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00000
9	2006-11-05	0,00	-0,01	0,00	-0,0033	0,00577
10	2006-12-05	0,00	0,01	0,00	0,0033	0,00577
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (mV)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (mV)		0,0000
FOR055-20061220-007						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = 0,00 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p style="text-align: center;">Gráfico X</p>	<p style="text-align: center;">Gráfico S</p>
OBSERVACIONES: Se excluyen los puntos 1, 9 y 10.	
CONCLUSIONES: Se excluyeron tres datos de la carta de control debido a que durante la prueba no se comprobaron errores de medición pero se sospecha que pudo haber falla humana. De acuerdo a lo anterior, el laboratorio implementará las acciones pertinentes para evitar este tipo de errores cometidos durante la medición.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-007	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = 0,00 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 33 V	Valor Nominal: 0,00 mV

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (mV)			X (mV)	S (mV)
Enero	2006-01-16	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Febrero	2006-02-13	0,00	0,01	0,00	0,003	0,006
Marzo	2006-03-13	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Abril	2006-04-17	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Mayo	2006-05-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Junio	2006-06-15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Julio	2006-07-10	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Septiembre	2006-09-05	0,01	0,00	0,00	0,003	0,006
Octubre	2006-10-05	0,01	0,01	0,00	0,007	0,006
Noviembre	2006-11-05	-0,01	0,00	0,00	-0,003	0,006
Diciembre	2006-12-05	0,01	0,00	0,00	0,0030	0,006

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

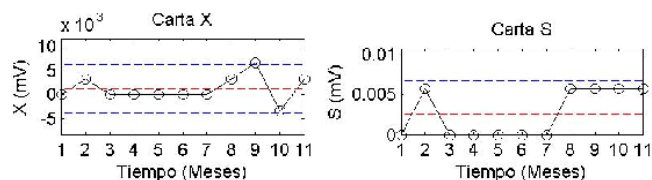
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 33 V y Valor Nominal = 0,00 mV

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (mV)	LC (mV)	LCI (mV)
X	0,006	0,001	-0,004
S	0,007	0,003	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que existen puntos que se encuentran por fuera de los límites de control, esto significa que existe alguna causa asignable que se encuentra alterando el proceso y por tal razón, se debe buscar dicha causa y corregir el problema para la Función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

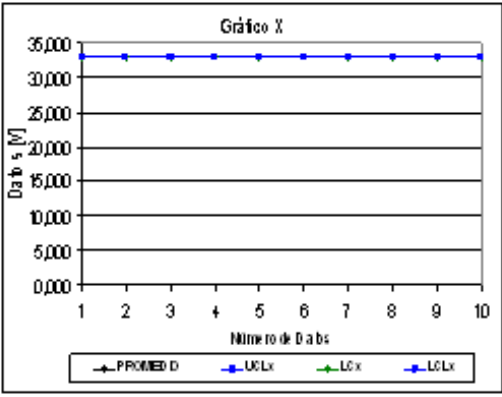
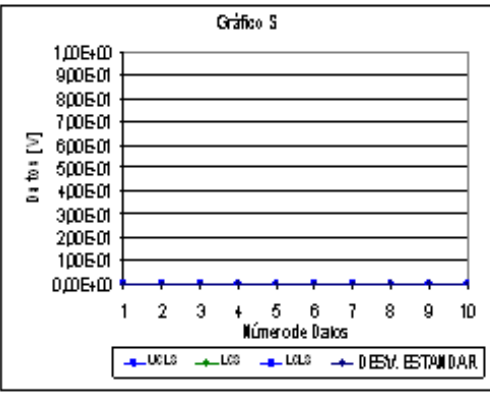
Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 33 V y Valor Nominal = 0,00 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
33 V	32,9 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
32,91000	32,91000		32,91000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
2	2006-03-13	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
3	2006-04-17	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
4	2006-05-15	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
5	2006-06-15	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
6	2006-07-17	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
7	2006-09-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
8	2006-10-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
9	2006-11-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
10	2006-12-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		32,910
FOR055-20061220-008						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = 32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
	
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo</div> <div>Revisado por: _____ Director del Laboratorio</div> </div>	
FOR055-20061220-008	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = 32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 33 V	Valor Nominal: 32,9 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Febrero	2006-02-13	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Marzo	2006-03-13	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Abril	2006-04-17	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Mayo	2006-05-15	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Junio	2006-06-15	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Julio	2006-07-10	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Septiembre	2006-09-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Octubre	2006-10-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Noviembre	2006-11-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000
Diciembre	2006-12-05	32,91	32,91	32,91	32,910	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

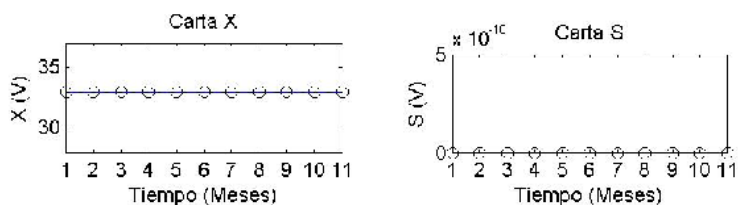
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 33 V y Valor Nominal = 32,9 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	32,910	32,910	32,910
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC

con Rango = 33 V y Valor Nominal = 32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7483017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
33 V	-32,9 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
-32,90000	-32,90000		-32,90000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
2	2006-03-13	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
3	2006-04-17	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
4	2006-05-15	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
5	2006-06-15	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
6	2006-07-17	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
7	2006-09-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
8	2006-10-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
9	2006-11-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
10	2006-12-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-32,900
FOR055-20061220-009						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = -32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p>Gráfico X</p>	<p>Gráfico S</p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo	Revisado por: _____ Director del Laboratorio
FOR055-20061220-009	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 33 V y Valor Nominal = -32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 33 V	Valor Nominal: -32,9 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Febrero	2006-02-13	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Marzo	2006-03-13	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Abril	2006-04-17	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Mayo	2006-05-15	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Junio	2006-06-15	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Julio	2006-07-10	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Septiembre	2006-09-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Octubre	2006-10-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Noviembre	2006-11-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000
Diciembre	2006-12-05	-32,90	-32,90	-32,90	-32,900	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

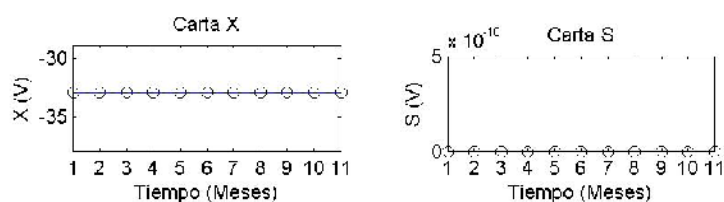
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 33 V y Valor Nominal = -32,9 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	-32,900	-32,900	-32,900
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 33 V y Valor Nominal = -32,9 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7483017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 V	50 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
50,01000	50,01000		50,01000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
2	2006-03-13	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
3	2006-04-17	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
4	2006-05-15	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
5	2006-06-15	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
6	2006-07-17	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
7	2006-09-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
8	2006-10-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
9	2006-11-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
10	2006-12-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,00000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		50,010
FOR055-20061220-010						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo	Revisado por: _____ Director del Laboratorio
FOR055-20061220-010	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal =50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 V	Valor Nominal: 50 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Febrero	2006-02-13	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Marzo	2006-03-13	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Abril	2006-04-17	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Mayo	2006-05-15	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Junio	2006-06-15	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Julio	2006-07-10	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Septiembre	2006-09-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Octubre	2006-10-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Noviembre	2006-11-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000
Diciembre	2006-12-05	50,01	50,01	50,01	50,010	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

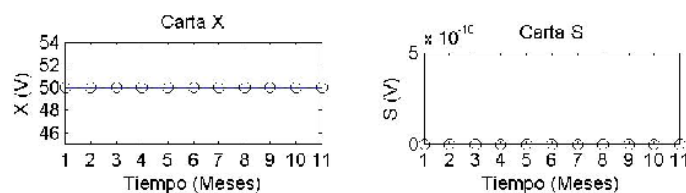
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = 50 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	50,010	50,010	50,010
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = 50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 V	329 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCL _x (V)	Valor de la línea central LC _x (V)		Valor del límite inferior LCL _x (V)		A3	
329,16948	329,05667		328,94385		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCL _S (V)	Valor de la línea central LC _S (V)	Valor del límite inferior LCL _S (V)	B3		B4	
0,14826	0,05774	0,00000	0,000		2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	329,0	329,1	329,0	329,033	0,058
2	2006-03-13	329,1	329,0	329,1	329,067	0,058
3	2006-04-17	329,0	329,1	329,1	329,067	0,058
4	2006-05-15	329,1	329,1	329,0	329,067	0,058
5	2006-06-15	329,1	329,0	329,1	329,067	0,058
6	2006-07-17	329,0	329,1	329,1	329,067	0,058
7	2006-09-05	329,1	329,0	329,1	329,067	0,058
8	2006-10-05	329,0	329,1	329,0	329,033	0,058
9	2006-11-05	329,0	329,1	329,1	329,067	0,058
10	2006-12-05	329,0	329,1	329,0	329,033	0,058
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0577		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		329,057
FOR055-20061220-011						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

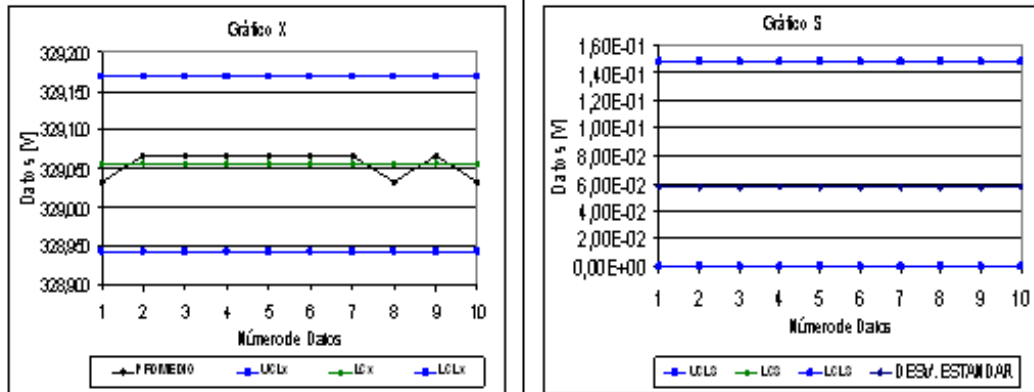
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS

CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S

Código: LME-FOR-055

Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S



OBSERVACIONES:
 Ninguna.

CONCLUSIONES:
 De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.

Elaborado por: _____
 Jefe de Calibración/Ensayo

Revisado por: _____
 Director del Laboratorio

FOR055-20061220-011

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 V	Valor Nominal: 329 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	329,1	329,1	329,1	329,10	0,00
Febrero	2006-02-13	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06
Marzo	2006-03-13	329,0	329,1	329,1	329,07	0,06
Abril	2006-04-17	329,0	329,1	329,1	329,07	0,06
Mayo	2006-05-15	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06
Junio	2006-06-15	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06
Julio	2006-07-10	329,1	329,0	329,1	329,07	0,06
Septiembre	2006-09-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06
Octubre	2006-10-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06
Noviembre	2006-11-05	329,1	329,1	329,0	329,07	0,06
Diciembre	2006-12-05	329,1	329,0	329,0	329,03	0,06

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

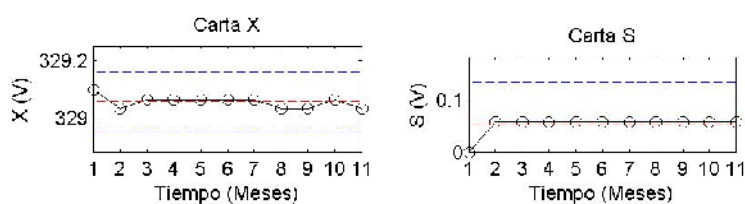
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	329,16	329,06	328,96
S	0,13	0,05	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = 329 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 V	-50 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
-50,00000	-50,00000		-50,00000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
2	2006-03-13	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
3	2006-04-17	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
4	2006-05-15	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
5	2006-06-15	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
6	2006-07-17	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
7	2006-09-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
8	2006-10-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
9	2006-11-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
10	2006-12-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-50,000
FOR055-20061220-012						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = -50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p>Gráfico X</p>	<p>Gráfico S</p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo	Revisado por: _____ Director del Laboratorio
FOR055-20061220-012	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = -50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 V	Valor Nominal: -50 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Febrero	2006-02-13	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Marzo	2006-03-13	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Abril	2006-04-17	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Mayo	2006-05-15	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Junio	2006-06-15	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Julio	2006-07-10	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Septiembre	2006-09-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Octubre	2006-10-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Noviembre	2006-11-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000
Diciembre	2006-12-05	-50,00	-50,00	-50,00	-50,000	0,000

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

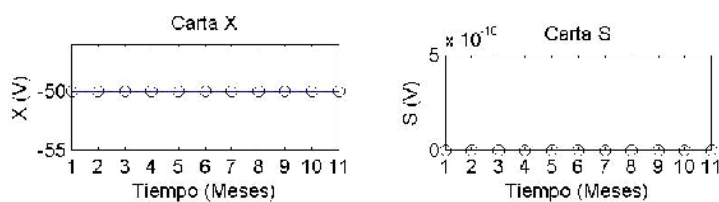
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = -50 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	-50,000	-50,000	-50,000
S	0,000	0,000	0,000

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = -50 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
330 V	-329 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCL _x (V)	Valor de la línea central LC _x (V)		Valor del límite inferior LCL _x (V)		A3	
-328,873	-328,963		-329,054		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCL _S (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCL _S (V)		B3	B4	
0,11861	0,04619	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-328,90	-329,00	-329,00	-328,967	0,058
2	2006-03-13	-328,90	-329,00	-328,90	-328,933	0,058
3	2006-04-17	-328,90	-329,00	-329,00	-328,967	0,058
4	2006-05-15	-329,00	-329,00	-329,00	-329,000	0,000
5	2006-06-15	-329,00	-329,00	-329,00	-329,000	0,000
6	2006-07-17	-328,90	-329,00	-328,90	-328,933	0,058
7	2006-09-05	-328,90	-329,00	-329,00	-328,967	0,058
8	2006-10-05	-328,90	-329,00	-329,00	-328,967	0,058
9	2006-11-05	-329,00	-328,90	-329,00	-328,967	0,058
10	2006-12-05	-328,90	-329,00	-328,90	-328,933	0,058
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0462		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-328,963
FOR055-20061220-013						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = -329 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center;">Gráfico X</div> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> —●— PM MEDIO —●— LCS —●— LIS </p>	<div style="text-align: center;">Gráfico S</div> <p style="text-align: center;">Número de Datos</p> <p style="text-align: center;"> —●— LCS —●— LIS —●— PM MEDIO </p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-013	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 330 V y Valor Nominal = -329 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 330 V	Valor Nominal: -329 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-329,0	-329,0	-329,0	-329,00	0,00
Febrero	2006-02-13	-329,0	-329,0	-328,9	-328,97	0,06
Marzo	2006-03-13	-329,0	-328,9	-328,9	-328,93	0,06
Abril	2006-04-17	-329,0	-329,0	-329,0	-329,00	0,00
Mayo	2006-05-15	-329,0	-328,9	-328,9	-328,93	0,06
Junio	2006-06-15	-329,0	-329,0	-328,9	-328,97	0,06
Julio	2006-07-10	-329,0	-329,0	-329,0	-329,00	0,00
Septiembre	2006-09-05	-329,0	-329,0	-328,9	-328,97	0,06
Octubre	2006-10-05	-329,0	-329,0	-328,9	-328,97	0,06
Noviembre	2006-11-05	-328,9	-329,0	-329,0	-328,97	0,06
Diciembre	2006-12-05	-329,0	-328,9	-328,9	-328,93	0,06

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

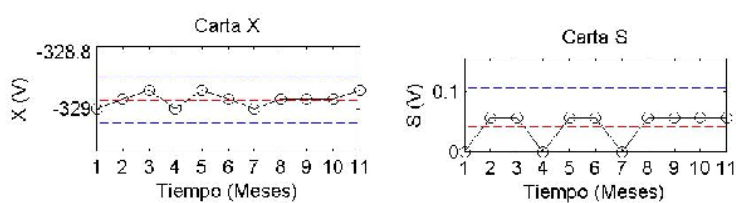
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = -329 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	-328,88	-328,97	-329,05
S	0,11	0,04	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 330 V y Valor Nominal = -329 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
1020 V	334 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCL _x (V)	Valor de la línea central LC _x (V)		Valor del límite inferior LCL _x (V)		A3	
334,100	334,100		334,100		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCL _S (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCL _S (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
2	2006-03-13	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
3	2006-04-17	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
4	2006-05-15	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
5	2006-06-15	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
6	2006-07-17	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
7	2006-09-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
8	2006-10-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
9	2006-11-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
10	2006-12-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		334,100
FOR055-20061220-014						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<div style="text-align: center;">Gráfico X</div>	<div style="text-align: center;">Gráfico S</div>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-014	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 1020 V	Valor Nominal: 334 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Febrero	2006-02-13	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Marzo	2006-03-13	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Abril	2006-04-17	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Mayo	2006-05-15	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Junio	2006-06-15	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Julio	2006-07-10	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Septiembre	2006-09-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Octubre	2006-10-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Noviembre	2006-11-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00
Diciembre	2006-12-05	334,1	334,1	334,1	334,10	0,00

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

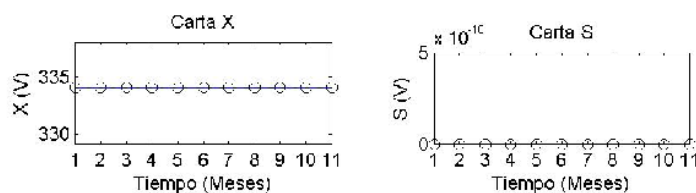
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 334 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	334,10	334,10	334,10
S	0,00	0,00	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:		Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:
2006-12-20		Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC
Rango:		Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra
1020 V		950 V		10		3
Equipo con que se realiza el seguimiento				Número de serie:		
FLUKE 45				6629019		
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)		Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3
950,080		950,023		949,967		1,954
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)		Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4
0,07413		0,02887	0,00000		0,000	2,568
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	950,0	950,0	950,0	950,00	0,0000
2	2006-03-13	950,0	950,0	950,0	950,00	0,0000
3	2006-04-17	950,0	950,0	950,0	950,00	0,0000
4	2006-05-15	950,0	950,1	950,1	950,07	0,0577
5	2006-06-15	950,0	950,1	950,1	950,07	0,0577
6	2006-07-17	950,0	950,0	950,0	950,00	0,0000
7	2006-09-05	950,0	950,1	950,0	950,03	0,0577
8	2006-10-05	950,0	950,1	950,0	950,03	0,0577
9	2006-11-05	950,0	950,1	950,0	950,03	0,0577
10	2006-12-05	950,0	950,0	950,0	950,00	0,0000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0289		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		950,023

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 950 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p style="text-align: center;">Gráfico X</p>	<p style="text-align: center;">Gráfico S</p>
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-015	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 950 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 1020 V	Valor Nominal: 950 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	950,1	950,1	950,0	950,07	0,06
Febrero	2006-02-13	950,0	950,0	950,0	950,00	0,00
Marzo	2006-03-13	950,0	950,0	950,0	950,00	0,00
Abril	2006-04-17	950,1	950,1	950,0	950,07	0,06
Mayo	2006-05-15	950,0	950,0	950,0	950,00	0,00
Junio	2006-06-15	950,0	950,0	950,0	950,00	0,00
Julio	2006-07-10	950,1	950,1	950,0	950,07	0,06
Septiembre	2006-09-05	950,1	950,0	950,0	950,03	0,06
Octubre	2006-10-05	950,1	950,01	950,0	950,04	0,06
Noviembre	2006-11-05	950,1	950,0	950,0	950,03	0,06
Diciembre	2006-12-05	950,0	950,0	950,0	950,00	0,00

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

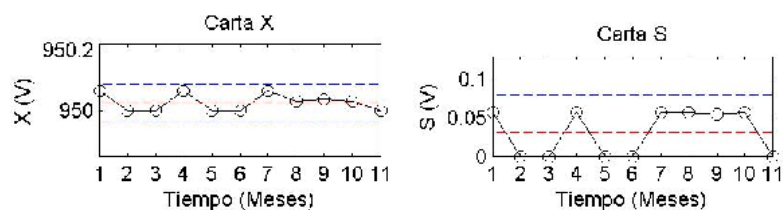
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = 950 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	950,09	950,03	949,97
S	0,08	0,03	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
1020 V	-334 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
-334,000	-334,000		-334,000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLs (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLs (V)		B3	B4	
0,00000	0,00000	0,00000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
2	2006-03-13	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
3	2006-04-17	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
4	2006-05-15	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
5	2006-06-15	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
6	2006-07-17	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
7	2006-09-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
8	2006-10-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
9	2006-11-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
10	2006-12-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,0000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-334,000
FOR055-20061220-016						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
OBSERVACIONES: Ninguna.	
CONCLUSIONES: De acuerdo con las cartas de control obtenidas, puede concluirse que el proceso de medida se encuentra controlado.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-016	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 1020 V	Valor Nominal: -334 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)				X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Febrero	2006-02-13	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Marzo	2006-03-13	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Abril	2006-04-17	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Mayo	2006-05-15	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Junio	2006-06-15	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Julio	2006-07-10	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Septiembre	2006-09-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Octubre	2006-10-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Noviembre	2006-11-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	
Diciembre	2006-12-05	-334,0	-334,0	-334,0	-334,00	0,00	

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

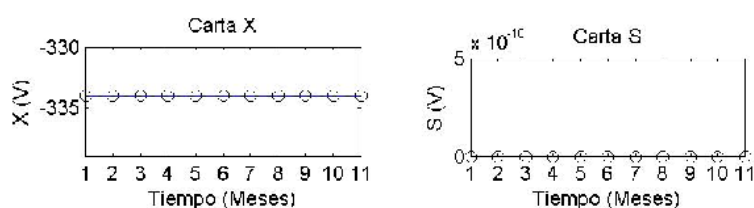
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -334 V

La línea central y los límites de control para las cartas X y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
X	-334,00	-334,00	-334,00
S	0,00	0,00	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:

Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por tal razón se puede concluir que el equipo patrón se encuentra funcionando bajo control estadístico para este rango y valor nominal dentro de la función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -334 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS						
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Código: LME-FOR-055				Página 1 de _		
Fecha:	Nombre del Equipo bajo prueba:		Número de serie:		Función:	
2006-12-20	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A		7485017		Voltaje DC	
Rango:	Valor Nominal:		Número de Muestras:		Tamaño de la muestra	
1020 V	-950 V		10		3	
Equipo con que se realiza el seguimiento			Número de serie:			
FLUKE 45			6629019			
GRÁFICA X						
Valor del límite superior UCLx (V)	Valor de la línea central LCx (V)		Valor del límite inferior LCLx (V)		A3	
0,000	0,000		0,000		1,954	
GRÁFICA S						
Valor del límite superior UCLS (V)	Valor de la línea central LCS (V)	Valor del límite inferior LCLS (V)		B3	B4	
0,000	0,000	0,000		0,000	2,568	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S						
Número de Dato	Fecha	DATOS (V)			PROMEDIO (V)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (V)
1	2006-02-13	-950,0	-949,9	-949,9	-949,93	0,0577
2	2006-03-13	-950,0	-949,9	-949,9	-949,93	0,0577
3	2006-04-17	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
4	2006-05-15	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
5	2006-06-15	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
6	2006-07-17	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
7	2006-09-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
8	2006-10-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
9	2006-11-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,0000
10	2006-12-05	-950,0	-949,9	-950,0	-949,97	0,0577
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO (V)		0,0000		PROMEDIO DE PROMEDIOS (V)		-950,000
FOR055-20061220-017						

Primera Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -950 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
Código: LME-FOR-055	Página 2 de _

GRÁFICAS, CARTAS DE CONTROL X-BARRA Y S	
<p style="text-align: center;">Gráfico X</p>	<p style="text-align: center;">Gráfico S</p>
OBSERVACIONES: Se excluyen los puntos 1, 2 y 10.	
CONCLUSIONES: Se excluyeron tres datos de la carta de control debido a que durante la prueba no se comprobaron errores de medición pero se sospecha que pudo haber falla humana. De acuerdo a lo anterior, el laboratorio implementará las acciones pertinentes para evitar este tipo de errores cometidos durante la medición.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Elaborado por: _____ Jefe de Calibración/Ensayo </div> <div style="text-align: center;"> Revisado por: _____ Director del Laboratorio </div> </div>	
FOR055-20061220-017	

Segunda Página del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas para la Función Voltaje DC con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -950 V

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS
CARTAS DE CONTROL X BARRA Y S
Código: LME-FOR-055

Los datos de la información general al realizar el Seguimiento Estadístico para la Función Voltaje DC para el año 2006 son los que se muestran en la Tabla 1.

Fecha: 2006-12-20	Equipo de Prueba: Calibrador Multifunción 5500 A	Serie: 7485017
	Equipo de Seguimiento: Fluke 45	Serie: 6629019
Función: Voltaje DC	Rango: 1020 V	Valor Nominal: -950 V

Tabla 1: Datos Generales

Los datos obtenidos al realizar el seguimiento con el valor del promedio y de la desviación estándar para cada conjunto de datos, son los que se muestran en la Tabla 2.

Mes	Fecha	Datos (V)			X (V)	S (V)
Enero	2006-01-16	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Febrero	2006-02-13	-949,9	-949,9	-950,0	-949,93	0,06
Marzo	2006-03-13	-950,0	-949,9	-949,9	-949,93	0,06
Abril	2006-04-17	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Mayo	2006-05-15	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Junio	2006-06-15	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Julio	2006-07-10	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Septiembre	2006-09-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Octubre	2006-10-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Noviembre	2006-11-05	-950,0	-950,0	-950,0	-950,00	0,00
Diciembre	2006-12-05	-949,9	-950,0	-950,0	-949,97	0,06

Tabla 2: Datos obtenidos del Seguimiento

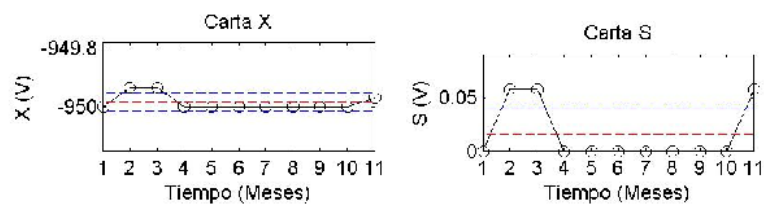
Primera Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -950 V

La línea central y los límites de control para las cartas \bar{X} y S se encuentran en la Tabla 3.

Carta	LCS (V)	LC (V)	LCI (V)
\bar{X}	-949,95	-949,98	-950,02
S	0,04	0,02	0,00

Tabla 3: Límites de Control y Línea Central

Graficando los datos de las Tablas 2 y 3, se obtienen las siguientes cartas:



Observaciones:
Ninguna

Conclusión:

Al observar las gráficas de control se puede notar que existen puntos que se encuentran por fuera de los límites de control, esto significa que existe alguna causa asignable que se encuentra alterando el proceso y por tal razón, se debe buscar dicha causa y corregir el problema para la Función Voltaje DC.

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Segunda Página del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC
con Rango = 1020 V y Valor Nominal = -950 V

4.2. Procedimiento de Repetibilidad y Reproducibilidad

Para comparar los reportes proporcionados tanto por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP como por el *ASECALMET*, se escogieron los datos proporcionados al realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad con el equipo patrón Fluke Serie 7485017.

Esta validación se realizó utilizando el método del Promedio y el Rango ya que este es el método que utiliza el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP para llevar a cabo este procedimiento.

Es necesario aclarar, que estos reportes presentan diferencias referentes a la presentación, puesto que el *ASECALMET* realiza cada función con cada rango y valor nominal por separado, es decir, la analiza completamente sacando la conclusión pertinente según los resultados obtenidos, mientras que el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP saca las conclusiones al final del reporte lo cual hace que se dificulte la manera de diferenciar cuales funciones se encuentran operando en las condiciones esperadas y cuales no.

También es importante anotar, que aunque por medio del *ASECALMET* se puede realizar el reporte usando el método de Anova, para esta validación no se tendrá en cuenta puesto que en el laboratorio no se tiene implementado dicho método y por consiguiente no existen datos con los cuales se pueda realizar la comparación para comprobar la veracidad de este programa en esa parte.

A continuación se muestran los reportes obtenidos para diversas funciones.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad																			
Código: LME-FOR-054										Página 1 de 7									
Fecha:					Número de operadores:					Número de ensayos:					Número de equipos ensayados:				
Operador 1: Milton Villarreal Castro					Operador 2: Diana Lorena Rodríguez Quiceno					Operador 3: Luis Gregorio Meza Contreras									
Equipo 1: Multímetro Digital, FLUKE 175, Serie: 89010626					Equipo 2: Multímetro Digital, FLUKE 175, Serie: 89010629					Equipo 3: Multímetro Digital, FLUKE 175, Serie: 89010627									
REGISTRO DE R&R																			
Función: Voltaje DC						Rango del instrumento: 600,0 mV						Valor: 60,0 mV							
Equipos Ensayados	Operador 1 (mV)					Rango (mV)	Operador 2 (mV)					Rango (mV)	Operador 3 (mV)					Rango (mV)	
	Número de muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5
Equipo 1	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	
Equipo 2	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	60,0	60,0	59,9	60,0	0,1	
Equipo 3	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	0,0	60,0	59,9	60,0	59,9	60,0	0,1	
		Rango promedio (\bar{R}):				0,0	Rango promedio (\bar{R}):				0,0	Rango promedio (\bar{R}):				0,0666			
		Promedio de la muestra(\bar{x}):				60,0	Promedio de la muestra(\bar{x}):				60,0	Promedio de la muestra(\bar{x}):				59,960			
$\bar{x}_D = 0,02 \text{ mV}$								$\bar{R} = 0,0222 \text{ mV}$											
ANÁLISIS DE R&R																			
REPETIBILIDAD: 0,0491 mV					REPRODUCIBILIDAD: 0,0525 mV					REPETIBILIDAD (%): 16,9 %					REPRODUCIBILIDAD (%): 18,1 %				
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0719 mV										REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 24,8 %									
Función: Voltaje DC						Rango del instrumento: 1000 V						Valor: 950 V							
Equipos Ensayados	Operador 1 (V)					Rango (V)	Operador 2 (V)					Rango (V)	Operador 3 (V)					Rango (V)	
	Número de muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5
Equipo 1	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	
Equipo 2	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	
Equipo 3	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	950	950	950	950	950	0,0	
		Rango promedio (\bar{R}):				0,0	Rango promedio (\bar{R}):				0,0	Rango promedio (\bar{R}):				0,0			
		Promedio de la muestra(\bar{x}):				950	Promedio de la muestra(\bar{x}):				950	Promedio de la muestra(\bar{x}):				950			
$\bar{x}_D = 0,0 \text{ V}$								$\bar{R} = 0,0 \text{ V}$											
ANÁLISIS DE R&R																			
REPETIBILIDAD: 0,0 V					REPRODUCIBILIDAD: 0,0 V					REPETIBILIDAD (%): 0,0 %					REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %				
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0 V										REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %									

Página Uno del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS									
Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad									
Código: LME-FOR-054					Página 2 de 7				

REGISTRO DE R&R																		
Función: Voltaje AC						Rango del instrumento: 600,0 V (500 Hz a 1 kHz)						Valor: 570,0 V (1 kHz)						
Equipos Ensayados	Operador 1 (V)					Rango (V)	Operador 2 (V)					Rango (V)	Operador 3 (V)					Rango (V)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	570,7	570,7	570,7	570,8	570,8	0,1	570,8	570,7	570,8	570,8	570,7	0,1	570,7	570,8	570,8	570,8	0,1	
Equipo 2	570,5	570,6	570,5	570,6	570,6	0,1	570,6	570,6	570,6	570,7	570,7	0,1	570,6	570,7	570,7	570,6	0,1	
Equipo 3	570,7	570,8	570,7	570,8	570,7	0,1	570,8	570,8	570,9	570,8	570,9	0,1	570,8	570,8	570,9	570,9	0,1	
Rango promedio (\bar{R}):						0,1	Rango promedio (\bar{R}):					0,1	Rango promedio (\bar{R}):					0,1
Promedio de la muestra (\bar{x}):						570,68	Promedio de la muestra (\bar{x}):					570,75	Promedio de la muestra (\bar{x}):					570,76
$\bar{x}_D=0,08$ V										$\bar{R}=0,10$ V								
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,221 V				REPRODUCIBILIDAD: 0,208 V				REPETIBILIDAD (%): 1,9 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 1,8 %						
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,304 V								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 2,6 %										
Función: Voltaje AC						Rango del instrumento:600,0 mV (45Hz a 500 Hz)						Valor: 300 mV (450 Hz)						
Equipos Ensayados	Operador 1 (mV)					Rango (mV)	Operador 2 (mV)					Rango (mV)	Operador 3 (mV)					Rango (mV)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	0,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	0,0	300,1	300,0	300,1	300,0	0,1	
Equipo 2	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	0,0	299,9	300,0	300,0	299,9	300,0	0,1	299,9	299,9	300,0	300,0	0,1	
Equipo 3	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1	0,1	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1	0,1	300,0	300,1	300,1	300,1	0,1	
Rango promedio (\bar{R}):						0,0333	Rango promedio (\bar{R}):					0,0667	Rango promedio (\bar{R}):					0,1
Promedio de la muestra (\bar{x}):						299,993	Promedio de la muestra (\bar{x}):					300,013	Promedio de la muestra (\bar{x}):					300,02
$\bar{x}_D=0,0267$ mV										$\bar{R}=0,06667$ mV								
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,147 mV				REPRODUCIBILIDAD: 0,0611 mV				REPETIBILIDAD (%): 4,46 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 1,9 %						
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,160 mV								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 4,83 %										
Función: Voltaje AC						Rango del instrumento: 60,00 V (500 Hz a 1 kHz)						Valor: 6,00 V (1 kHz)						
Equipos Ensayados	Operador 1 (V)					Rango (V)	Operador 2 (V)					Rango (V)	Operador 3 (V)					Rango (V)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	6,02	6,02	6,03	6,02	6,03	0,01	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	0,00	6,02	6,02	6,02	6,02	0,00	
Equipo 2	6,01	6,01	6,02	6,02	6,02	0,01	6,01	6,01	6,02	6,02	6,02	0,01	6,01	6,02	6,02	6,01	0,01	
Equipo 3	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	0,01	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	0,00	6,02	6,02	6,02	6,03	0,01	
Rango promedio (\bar{R}):						0,0067	Rango promedio (\bar{R}):					0,0033	Rango promedio (\bar{R}):					0,0067
Promedio de la muestra (\bar{x}):						6,020	Promedio de la muestra (\bar{x}):					6,019	Promedio de la muestra (\bar{x}):					6,019
$\bar{x}_D=0,0013$ V										$\bar{R}=0,0056$ V								
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,0123 V				REPRODUCIBILIDAD: 0,0017 V				REPETIBILIDAD (%): 8,19 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 1,14 %						
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0124 V								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 8,26 %										

Página Dos del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS									
Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad									
Código: LME-FOR-054					Página 3 de 7				

REGISTRO DE R&R																		
Función: Voltaje AC						Rango del instrumento:600,0 mV (45 Hz a 500 Hz)						Valor: 570,0 mV (450 Hz)						
Equipos Ensayados	Operador 1 (mV)					Rango (mV)	Operador 2 (mV)					Rango (mV)	Operador 3 (mV)					Rango (mV)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	0,0	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	0,0	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	
Equipo 2	568,9	568,9	568,9	568,9	569,0	0,1	568,9	569,0	569,0	569,0	568,9	0,1	568,9	568,9	569,0	570,0	568,9	
Equipo 3	569,0	569,0	569,0	569,0	569,0	0,0	569,0	569,0	569,0	569,0	569,0	0,0	568,9	569,0	569,0	569,1	569,0	
	Rango promedio (\bar{R}):					0,0333	Rango promedio (\bar{R}):					0,0333	Rango promedio (\bar{R}):					0,433
	Promedio de la muestra(\bar{x}):					569,34	Promedio de la muestra(\bar{x}):					569,353	Promedio de la muestra (\bar{x}):					569,413
$\bar{x}_D= 0,0733$ mV								$\bar{R} = 0,0167$ mV										
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,0733 mV					REPRODUCIBILIDAD:0,174 mV					REPETIBILIDAD (%): 6,14 %					REPRODUCIBILIDAD (%): 2,89 %			
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,407 mV								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 6,79 %										
Función: Resistencia						Rango del instrumento: 600,0 kΩ						Valor: 300,0 kΩ						
Equipos Ensayados	Operador 1 (kΩ)					Rango (kΩ)	Operador 2 (kΩ)					Rango (kΩ)	Operador 3					Rango (kΩ)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	0,0	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	0,0	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	
Equipo 2	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	0,0	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	0,0	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	
Equipo 3	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	0,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	0,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	
	Rango promedio (\bar{R}):					0,0	Rango promedio (\bar{R}):					0,0	Rango promedio (\bar{R}):					0,0
	Promedio de la muestra(\bar{x}):					300,0	Promedio de la muestra(\bar{x}):					300,0	Promedio de la muestra (\bar{x}):					300,0
$\bar{x}_D= 0,0$ kΩ								$\bar{R} = 0,0$ kΩ										
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,0 kΩ					REPRODUCIBILIDAD: 0,0 kΩ					REPETIBILIDAD (%): 0,0 %					REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %			
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0 kΩ								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %										
Función: Resistencia						Rango del instrumento: 50 MΩ						Valor: 25 MΩ						
Equipos Ensayados	Operador 1 (MΩ)					Rango (MΩ)	Operador 2 (MΩ)					Rango (MΩ)	Operador 3 (MΩ)					Rango (MΩ)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1	24,96	24,96	24,96	24,96	24,96	0,00	24,96	24,96	24,95	24,95	24,95	0,01	24,95	24,96	24,95	24,95	24,95	
Equipo 2	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
Equipo 3	24,98	24,98	24,98	24,98	24,98	0,01	24,99	24,99	24,98	24,98	24,98	0,01	24,98	24,99	24,99	24,98	24,99	
	Rango promedio (\bar{R}):					0,0033	Rango promedio (\bar{R}):					0,0067	Rango promedio (\bar{R}):					0,0067
	Promedio de la muestra(\bar{x}):					24,9813	Promedio de la muestra(\bar{x}):					24,9793	Promedio de la muestra (\bar{x}):					24,9793
$\bar{x}_D= 0,0034$ MΩ								$\bar{R} = 0,005566$ MΩ										
ANÁLISIS DE R&R																		
REPETIBILIDAD: 0,0123 MΩ					REPRODUCIBILIDAD: 0,00437 MΩ					REPETIBILIDAD (%): 3,03 %					REPRODUCIBILIDAD (%): 1,08 %			
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0130 MΩ								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 3,22 %										

Página Tres del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

REGISTRO DE R&R																				
Función: Capacitancia						Rango del instrumento: 10,00 µF						Valor: 5,00 µF								
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (µF)					Rango (µF)	Operador 2 (µF)					Rango (µF)	Operador 3 (µF)					Rango (µF)	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Equipo 1		5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	0,01	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00		
Equipo 2		5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	0,01	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00		
Equipo 3		5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	0,01	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	0,01	5,00	5,01	5,00	5,00	5,01		
Rango promedio (\bar{R}):						0,01	Rango promedio (\bar{R}):						0,0033	Rango promedio (\bar{R}):						0,0033
Promedio de la muestra(\bar{x}):						5,004	Promedio de la muestra(\bar{x}):						5,001	Promedio de la muestra(\bar{x}):						5,001
\bar{x}_D -0,00267 µF									\bar{R} = 0,00556 µF											
ANÁLISIS DE R&R																				
REPETIBILIDAD: 0,0123 µF				REPRODUCIBILIDAD: 0,00646 µF				REPETIBILIDAD (%): 15,35 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 8,08 %								
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0139 µF								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 17,34 %												
Función: Capacitancia						Rango del instrumento: 1000 nF						Valor: 100 nF								
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (nF)					Rango (nF)	Operador 2 (nF)					Rango (nF)	Operador 3 (nF)					Rango (nF)	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Equipo 1		100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100		
Equipo 2		100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100		
Equipo 3		100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100		
Rango promedio (\bar{R}):						0	Rango promedio (\bar{R}):						0	Rango promedio (\bar{R}):						0
Promedio de la muestra(\bar{x}):						100	Promedio de la muestra(\bar{x}):						100	Promedio de la muestra(\bar{x}):						100
\bar{x}_D - 0 nF									\bar{R} = 0 nF											
ANÁLISIS DE R&R																				
REPETIBILIDAD: 0 nF				REPRODUCIBILIDAD: 0 nF				REPETIBILIDAD (%): 0 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 0%								
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0 nF								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0 %												
Función: Corriente DC						Rango del instrumento: 400,0 mA						Valor: 200,0 mA								
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (mA)					Rango (mA)	Operador 2 (mA)					Rango (mA)	Operador 3 (mA)					Rango (mA)	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Equipo 1		200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0		
Equipo 2		199,9	200,0	199,9	200,0	199,9	0,1	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	199,9	200,0	199,9	200,0	199,9		
Equipo 3		200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	200,0	199,9	200,0	200,0	200,0		
Rango promedio (\bar{R}):						0,0333	Rango promedio (\bar{R}):						0,0333	Rango promedio (\bar{R}):						0,0667
Promedio de la muestra(\bar{x}):						199,980	Promedio de la muestra(\bar{x}):						199,980	Promedio de la muestra(\bar{x}):						199,973
\bar{x}_D -0,0067 mA									\bar{R} = 0,0444 mA											
ANÁLISIS DE R&R																				
REPETIBILIDAD: 0,0982 mA				REPRODUCIBILIDAD: 0,000 mA				REPETIBILIDAD (%): 4,27 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 0,00 %								
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0982 mA								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 4,27 %												

Página Cuatro del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS																			
Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad																			
Código: LME-FOR-054										Página 5 de 7									
REGISTRO DE R&R																			
Función: Corriente DC						Rango del instrumento: 10,00 A						Valor: 5,00 A							
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (A)					Rango (A)	Operador 2 (A)					Rango (A)	Operador 3 (A)					Rango (A)
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00
Equipo 2		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00
Equipo 3		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00
		Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00
		Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,00
$\bar{x}_D = 0,00$ A								$\bar{R} = 0,00$ A											
ANÁLISIS DE R&R																			
REPETIBILIDAD: 0,00 A				REPRODUCIBILIDAD: 0,00 A				REPETIBILIDAD (%): 0,0 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %							
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,00 A								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %											
Función: Corriente AC						Rango del instrumento: 60,00 mA (45 Hz a 1 kHz)						Valor: 30,00 mA (1 kHz)							
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (mA)					Rango (mA)	Operador 2 (mA)					Rango (mA)	Operador 3 (mA)					Rango (mA)
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1		29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00
Equipo 2		29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00	29,97	29,98	29,98	29,98	29,98	0,01
Equipo 3		29,98	29,99	29,99	29,99	29,99	0,01	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	0,00
		Rango promedio (\bar{R}):					0,0033	Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,0033
		Promedio de la muestra(\bar{x}):					29,983	Promedio de la muestra(\bar{x}):					29,98	Promedio de la muestra(\bar{x}):					29,979
$\bar{x}_D = 0,0033$ mA								$\bar{R} = 0,0022$ mA											
ANÁLISIS DE R&R																			
REPETIBILIDAD: 0,0049 mA				REPRODUCIBILIDAD: 0,0089 mA				REPETIBILIDAD (%): 0,21 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 0,39 %							
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0102 mA								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,44 %											
Función: Corriente AC						Rango del instrumento: 400,0 mA (45 Hz a 1 kHz)						Valor: 200,0 mA, 60 Hz							
Equipos Ensayados	Número de muestras	Operador 1 (mA)					Rango (mA)	Operador 2 (mA)					Rango (mA)	Operador 3 (mA)					Rango (mA)
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Equipo 1		200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0
Equipo 2		200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	0,0
Equipo 3		200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	0,0	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	0,0	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	0,0
		Rango promedio (\bar{R}):					0,0	Rango promedio (\bar{R}):					0,0	Rango promedio (\bar{R}):					0,0
		Promedio de la muestra(\bar{x}):					200,233	Promedio de la muestra(\bar{x}):					200,233	Promedio de la muestra(\bar{x}):					200,233
$\bar{x}_D = 0,0$ mA								$\bar{R} = 0,0$ mA											
ANÁLISIS DE R&R																			
REPETIBILIDAD: 0,0 mA				REPRODUCIBILIDAD: 0,0 mA				REPETIBILIDAD (%): 0,0 %				REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %							
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0 mA								REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %											

Página Cinco del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA																						
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS																						
Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad																						
Código: LME-FOR-054											Página 6 de 7											
REGISTRO DE R&R																						
Función: Corriente AC						Rango del instrumento: 10,00 A (45 Hz a 1 kHz)						Valor: 5,00 A, 60 Hz										
Equipos Ensayados	Operador 1 (A)					Rango (A)	Operador 2 (A)					Rango (A)	Operador 3 (A)					Rango (A)				
	Número de muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5			
Equipo 1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,01	5,01	0,01				
Equipo 2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00				
Equipo 3	5,00	5,01	5,01	5,01	5,01	0,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	0,00	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	0,00				
Rango promedio (\bar{R}):						0,0033	Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,0033				
Promedio de la muestra(\bar{x}):						5,003	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,003	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,005				
$\bar{x}_D = 0,0020$ A											$\bar{R} = 0,0022$ A											
ANÁLISIS DE R&R																						
REPETIBILIDAD: 0,0049 A						REPRODUCIBILIDAD: 0,0052 A						REPETIBILIDAD (%): 4,68 %						REPRODUCIBILIDAD (%): 5,00 %				
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,0072 A											REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 6,85 %											
Función: Corriente AC						Rango del instrumento: 10,00 A (45 Hz a 1 kHz)						Valor: 5,00 A, 1 kHz										
Equipos Ensayados	Operador 1 (A)					Rango (A)	Operador 2 (A)					Rango (A)	Operador 3 (A)					Rango (A)				
	Número de muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5			
Equipo 1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00				
Equipo 2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00				
Equipo 3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00				
Rango promedio (\bar{R}):						0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00				
Promedio de la muestra(\bar{x}):						5,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					5,00				
$\bar{x}_D = 0,00$ A											$\bar{R} = 0,00$ A											
ANÁLISIS DE R&R																						
REPETIBILIDAD: 0,00 A						REPRODUCIBILIDAD: 0,00 A						REPETIBILIDAD (%): 0,0 %						REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %				
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,00 A											REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %											
Función: Frecuencia						Rango del instrumento: 99,99 Hz						Valor: 90,00 Hz, Voltaje 30 V										
Equipos Ensayados	Operador 1 (Hz)					Rango (Hz)	Operador 2 (Hz)					Rango (Hz)	Operador 3 (Hz)					Rango (Hz)				
	Número de muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5			
Equipo 1	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00				
Equipo 2	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00				
Equipo 3	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00				
Rango promedio (\bar{R}):						0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00	Rango promedio (\bar{R}):					0,00				
Promedio de la muestra(\bar{x}):						90,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					90,00	Promedio de la muestra(\bar{x}):					90,00				
$\bar{x}_D = 0,00$ Hz											$\bar{R} = 0,00$ Hz											
ANÁLISIS DE R&R																						
REPETIBILIDAD: 0,00 Hz						REPRODUCIBILIDAD: 0,00 Hz						REPETIBILIDAD (%): 0,0 %						REPRODUCIBILIDAD (%): 0,0 %				
REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R): 0,00 Hz											REPETIBILIDAD & REPRODUCIBILIDAD (R&R) (%): 0,0 %											

Página Seis del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS	
Reporte de evaluación de Repetibilidad y Reproducibilidad	
Código: LME-FOR-054	Página 7 de 7

CRITERIOS DE LA PRUEBA R&R	
Seleccione mediante una "X" en la casilla "Resultados" los criterios de aceptación que se presentaron en la prueba.	
CRITERIOS DE ACEPTACION	RESULTADOS
Cuando el valor R&R es igual o menor al 15 % el sistema operador-instrumento es apropiado para la aplicación diseñada.	15 de 17 pruebas realizadas se encuentran en este rango.
Cuando el valor R&R está entre 16 % y 25 % el sistema en general requiere mejoras, sin embargo puede ser utilizado de manera temporal.	Los rangos, 600 mV DC y 10,00 µF se encuentran en este intervalo, lo que quiere decir que el sistema en general puede utilizarse.
Cuando el valor R&R es superior al 25 % el sistema no es aceptable.	
Si el valor de REPRODUCIBILIDAD es mayor con respecto al de REPETIBILIDAD, es necesario capacitar al operador del instrumento, ya sea a utilizar el instrumento o a la toma de la lectura.	
Si el valor de REPETIBILIDAD es mayor con respecto al de REPRODUCIBILIDAD, entonces el instrumento requiere mantenimiento o calibración o simplemente no es el adecuado para esa aplicación.	
Observaciones:	
_____	_____
Director de Laboratorio	Jefe de Calibración

Página Siete del Reporte elaborado por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,29 mV
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,29 mV
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,29 mV

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE DC					Rango del Instrumento: 600,0 mV					Valor: 60,0 mV					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mV)					2 (mV)					3 (mV)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
2	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	59,9	59,9	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
3	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	59,9	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mV)	R (mV)	R (mV)
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,1000	0,0000
3	0,0000	0,1000	0,0000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mV)	X (mV)
1	0,0000	60,0000
2	0,0667	59,9800
3	0,0000	60,0000
R = 0,0222 mV		
Xd = 0,0200 mV		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mV	%
Repetibilidad (r)	0,0489	16,8479
Reproducibilidad (R)	0,0524	18,0794
r&R	0,0717	24,7127

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R está entre el 10% y el 30% el sistema en general requiere mejoras, sin embargo puede ser utilizado de manera temporal.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje DC con

Rango = 600,0 mV y Valor Nominal = 60,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010626	1,445 V
2	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010627	1,445 V
3	Multímetro Digital, FLUKE 175	89010629	1,445 V

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE DC		Rango del Instrumento: 1000 V					Valor: 950 V								
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (V)					2 (V)					3 (V)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
2	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
3	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (V)	R (V)	R (V)
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (V)	X (V)
1	0,000	950,000
2	0,000	950,000
3	0,000	950,000
R = 0,000 V		
Xd = 0,000 V		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	V	%
Repetibilidad (r)	0,000	0,000
Reproducibilidad (R)	0,000	0,000
r&R	0,000	0,000

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-08-17	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	2,8 kOhm
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	2,8 kOhm
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	2,8 kOhm

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Resistencia con
Rango = 600,0 kΩ y Valor Nominal = 300,0 kΩ

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: RESISTENCIA					Rango del Instrumento: 600,0 kOhm					Valor: 300,0 kOhm					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (kOhm)					2 (kOhm)					3 (kOhm)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9
2	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
3	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1	300,1

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (kOhm)	R (kOhm)	R (kOhm)
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (kOhm)	X (kOhm)
1	0,0000	300,0000
2	0,0000	300,0000
3	0,0000	300,0000
R = 0,0000 kOhm		
Xd = 0,0000 kOhm		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	kOhm	%
Repetibilidad (r)	0,0000	0,0000
Reproducibilidad (R)	0,0000	0,0000
r&R	0,0000	0,0000

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Resistencia con
Rango = 600,0 k Ω y Valor Nominal = 300,0 k Ω

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-09-11	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,78 MΩ
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,78 MΩ
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,78 MΩ

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: RESISTENCIA					Rango del Instrumento: 50 MOhm					Valor: 25 MOhm					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (MOhm)					2 (MOhm)					3 (MOhm)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	24,96	24,96	24,95	24,95	24,95	24,95	24,96	24,95	24,95	24,95	24,96	24,96	24,96	24,96	24,96
2	24,99	24,99	24,98	24,98	24,98	24,98	24,99	24,99	24,98	24,99	24,98	24,98	24,98	24,98	24,98
3	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (MOhm)	R (MOhm)	R (MOhm)
1	0,01000	0,01000	0,00000
2	0,01000	0,01000	0,00000
3	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (MOhm)	X (MOhm)
1	0,00667	24,97930
2	0,00667	24,97930
3	0,00000	24,98000
R = 0,00444 MOhm		
Xd = 0,0006667 MOhm		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	MOhm	%
Repetibilidad (r)	0,00977	1,25280
Reproducibilidad (R)	0,00000	0,00000
r&R	0,00977	1,25280

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Resistencia con

Rango = 50 MΩ y Valor Nominal = 25 MΩ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-09-11	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,08 μ F
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,08 μ F
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,08 μ F

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Capacitancia
con Rango = 10,00 μ F y Valor Nominal = 5,00 μ F

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CAPACITANCIA					Rango del Instrumento: 10,00 μF					Valor: 5,00 μF					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (μF)					2 (μF)					3 (μF)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00
2	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	5,00	5,01	5,00	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00
3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,01	5,00	5,01	5,00

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R.

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (μF)	R (μF)	R (μF)
1	0,00000	0,00000	0,01000
2	0,01000	0,01000	0,01000
3	0,00000	0,00000	0,01000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (μF)	X (μF)
1	0,00333	5,00130
2	0,00333	5,00130
3	0,01000	5,00400
R = 0,00556 μF		
Xd = 0,0026667 μF		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	μF	%
Repetibilidad (r)	0,01224	15,29590
Reproducibilidad (R)	0,00646	8,07360
r&R	0,01384	17,29590

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R está entre el 10% y el 30% el sistema en general requiere mejoras, sin embargo puede ser utilizado de manera temporal.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-09-11	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	3,2 nF
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	3,2 nF
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	3,2 nF

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Capacitancia
con Rango = 1000 nF y Valor Nominal = 100 nF

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CAPACITANCIA					Rango del Instrumento: 1000 nF					Valor: 100 nF					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (nF)					2 (nF)					3 (nF)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (nF)	R (nF)	R (nF)
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (nF)	X (nF)
1	0,000	100,000
2	0,000	100,000
3	0,000	100,000
R = 0,000 nF		
Xd = 0,000 nF		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	nF	%
Repetibilidad (r)	0,000	0,000
Reproducibilidad (R)	0,000	0,000
r&R	0,000	0,000

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	2,3 mA
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	2,3 mA
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	2,3 mA

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente DC
con Rango = 400,0 mA y Valor Nominal = 200,0 mA

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CORRIENTE DC					Rango del Instrumento: 400,0 mA					Valor: 200,0 mA					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mA)					2 (mA)					3 (mA)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
2	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	199,9	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
3	200,0	199,9	200,0	199,9	200,0	199,9	200,0	199,9	200,0	199,9	199,9	200,0	199,9	200,0	199,9

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mA)	R (mA)	R (mA)
1	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,1000	0,0000
3	0,1000	0,1000	0,1000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mA)	X (mA)
1	0,0333	199,9867
2	0,0667	199,9733
3	0,0333	199,9800
R = 0,0444 mA		
Xd = 0,013333 mA		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mA	%
Repetibilidad (r)	0,0977	4,2486
Reproducibilidad (R)	0,0256	1,1135
r&R	0,1010	4,3921

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,08 A
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,08 A
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,08 A

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente DC
con Rango = 10,00 A y Valor Nominal = 5,00 A

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CORRIENTE DC					Rango del Instrumento: 10,00 A					Valor: 5,00 A					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (A)					2 (A)					3 (A)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (A)	R (A)	R (A)
1	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,00000	0,00000	0,00000
3	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (A)	X (A)
1	0,00000	5,00000
2	0,00000	5,00000
3	0,00000	5,00000
R = 0,00000 A		
Xd = 0,00000 A		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	A	%
Repetibilidad (r)	0,00000	0,00000
Reproducibilidad (R)	0,00000	0,00000
r&R	0,00000	0,00000

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente DC
con Rango = 10,00 A y Valor Nominal = 5,00 A

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,1 Hz
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,1 Hz
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,1 Hz

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Frecuencia con

Rango = 99,99 Hz y Valor Nominal = 90,00 Hz

Los datos obtenidos al realizar el estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: FRECUENCIA					Rango del Instrumento: 99,99 Hz					Valor: 90,00 Hz					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (Hz)					2 (Hz)					3 (Hz)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
2	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
3	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (Hz)	R (Hz)	R (Hz)
1	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,00000	0,00000	0,00000
3	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (Hz)	X (Hz)
1	0,00000	90,00000
2	0,00000	90,00000
3	0,00000	90,00000
R = 0,00000 Hz		
Xd = 0,00000 Hz		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	Hz	%
Repetibilidad (r)	0,00000	0,00000
Reproducibilidad (R)	0,00000	0,00000
r&R	0,00000	0,00000

Tabla 7: Tabla de r&R

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Frecuencia con

Rango = 99,99 Hz y Valor Nominal = 90,00 Hz

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2007-01-17	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	11,7 V
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	11,7 V
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	11,7 V

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con
Rango = 600,0 V y Valor Nominal = 570,0 V

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE AC					Rango: 600,0 V (500 Hz a 1 kHz)					Valor: 570,0 V (1 kHz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (V)					2 (V)					3 (V)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	570,8	570,7	570,8	570,8	570,7	570,7	570,8	570,8	570,8	570,8	570,7	570,7	570,7	570,8	570,8
2	570,8	570,8	570,9	570,8	570,9	570,8	570,8	570,8	570,9	570,9	570,8	570,7	570,8	570,7	570,7
3	570,6	570,6	570,6	570,7	570,7	570,6	570,7	570,7	570,6	570,7	570,6	570,5	570,6	570,6	570,5

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (V)	R (V)	R (V)
1	0,10	0,10	0,10
2	0,10	0,10	0,10
3	0,10	0,10	0,10

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (V)	X (V)
1	0,10	570,75
2	0,10	570,76
3	0,10	570,68
R = 0,10 V		
Xd = 0,08 V		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	V	%
Repetibilidad (r)	0,22	1,88
Reproducibilidad (R)	0,21	1,78
r&R	0,30	2,59

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-10-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	3,3 mV
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	3,3 mV
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	3,3 mV

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con

Rango = 600,0 mV y Valor Nominal = 300,0 mV

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Funcion: VOLTAJE AC					Rango: 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz)					Valor: 300,0 mV (450 Hz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mV)					2 (mV)					3 (mV)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,1	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
2	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1	300,0	300,1	300,1	300,1	300,1
3	299,9	300,0	300,0	299,9	300,0	299,9	300,0	300,0	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9	299,9

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mV)	R (mV)	R (mV)
1	0,00	0,10	0,00
2	0,10	0,10	0,10
3	0,10	0,10	0,00

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mV)	X (mV)
1	0,07	300,01
2	0,10	300,02
3	0,03	299,99
R = 0,07 mV		
Xd = 0,03 mV		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mV	%
Repetibilidad (r)	0,15	4,67
Reproducibilidad (R)	0,07	2,13
r&R	0,17	5,13

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con
Rango = 600,0 mV y Valor Nominal = 300,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-06-18	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,63 V
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,63 V
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,63 V

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con
Rango = 60,00 V y Valor Nominal = 6,00 V

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE AC					Rango: 60,00 V (500 Hz a 1 kHz)					Valor: 6,00 V (1 kHz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (V)					2 (V)					3 (V)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,03	6,02	6,03
2	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,03	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02
3	6,01	6,01	6,02	6,02	6,02	6,01	6,02	6,02	6,01	6,02	6,01	6,01	6,02	6,02	6,02

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (V)	R (V)	R (V)
1	0,000	0,000	0,010
2	0,000	0,010	0,000
3	0,010	0,010	0,010

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (V)	X (V)
1	0,003	6,019
2	0,007	6,019
3	0,007	6,020
R = 0,006 V		
Xd = 0,001 V		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	V	%
Repetibilidad (r)	0,013	2,096
Reproducibilidad (R)	0,000	0,000
r&R	0,013	2,096

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-08-18	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro digital, Fluke 175	89010626	6 mV
2	Multímetro digital, Fluke 175	89010627	6 mV
3	Multímetro digital, Fluke 175	89010629	6 mV

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con
Rango = 600,0 mV y Valor Nominal = 570,0 mV

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: VOLTAJE AC					Rango: 600,0 mV (45 Hz a 500 Hz)					Valor: 570,0 mV (450 Hz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mV)					2 (mV)					3 (mV)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1	570,1
2	569,0	569,0	569,0	569,0	569,0	568,9	569,0	569,0	569,1	569,0	569,0	569,0	569,0	569,0	569,0
3	568,9	569,0	569,0	569,0	568,9	568,9	568,9	569,0	570,0	568,9	568,9	568,9	568,9	568,9	569,0

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mV)	R (mV)	R (mV)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,20	0,00
3	0,10	1,10	0,10

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mV)	X (mV)
1	0,03	569,35
2	0,43	569,41
3	0,03	569,34
R = 0,17 mV		
Xd = 0,07 mV		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mV	%
Repetibilidad (r)	0,37	6,24
Reproducibilidad (R)	0,16	2,70
r&R	0,41	6,80

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Voltaje AC con
Rango = 600,0 mV y Valor Nominal = 570,0 mV

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	3,3 mA
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	3,3 mA
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	3,3 mA

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente AC
con Rango = 400,0 mA y Valor Nominal = 200,0 mA

Estudio r&R

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CORRIENTE AC		Rango: 400,0 mA (45 Hz a 1 kHz)					Valor: 200,0 mA (60 Hz)								
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (mA)					2 (mA)					3 (mA)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2
2	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3	200,3
3	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2	200,2

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (mA)	R (mA)	R (mA)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (mA)	X (mA)
1	0,00	200,23
2	0,00	200,23
3	0,00	200,23
R = 0,00 mA		
Xd = 0,00 mA		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	mA	%
Repetibilidad (r)	0,00	0,00
Reproducibilidad (R)	0,00	0,00
r&R	0,00	0,00

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente AC
con Rango = 400,0 mA y Valor Nominal = 200,0 mA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte del Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R)
Código: LME-FOR-054

Este reporte muestra por medio de un Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (r&R) la variabilidad del sistema de medida del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira el cual se encuentra conformado por el Instrumento Patrón, los Operadores y los Equipos ensayados.

El método empleado para realizar este estudio es el Método del Promedio y Rango el cual además de calcular la variabilidad del sistema de medida también permite determinar si dicho sistema es o no aceptable.

Los datos del Instrumento Patrón y la Fecha, en que se realizó este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Fecha	Instrumento Patrón	Serie
2006-01-15	Calibrador Multifunción FLUKE 5500 A	7485017

Tabla 1: Instrumento Patrón y Fecha del Estudio r&R

Los nombres de los operadores que participaron en este estudio son los de la Tabla 2.

Operador	Nombre
1	Diana Lorena Rodríguez
2	Luis Gregorio Meza
3	Milton Villarreal

Tabla 2: Nombre de los Operadores

Los datos de los equipos ensayados para llevar a cabo este estudio se encuentran en la Tabla 3.

Equipo	Características	Serie	Tolerancia
1	Multímetro Digital, Fluke 175	89010626	0,105 A
2	Multímetro Digital, Fluke 175	89010627	0,105 A
3	Multímetro Digital, Fluke 175	89010629	0,105 A

Tabla 3: Datos de los Equipos Ensayados

Elaborado por
Jefe Calibración/Ensayo

Revisado por
Director del Laboratorio

Página Uno del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente AC
con Rango = 10,00 A y Valor Nominal = 5,00 A

Los datos obtenidos del estudio r&R son los de la Tabla 4.

Función: CORRIENTE AC					Rango: 10,00 A (45 Hz a 1 kHz)					Valor: 5,00 A (60 Hz)					
EQUIPO	OPERADOR														
	1 (A)					2 (A)					3 (A)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,01	5,01	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
2	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,01	5,00	5,01	5,01	5,01	5,01
3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Tabla 4: Datos obtenidos en el Estudio r&R

Al calcular el rango para cada equipo y cada operador se obtiene la Tabla 5.

Equipo	Operador		
	R (A)	R (A)	R (A)
1	0,000	0,010	0,000
2	0,000	0,000	0,010
3	0,000	0,000	0,000

Tabla 5: Tabla de Rangos

Al calcular el rango promedio y el promedio de cada operador, además del Rango promedio de todos los rangos y de la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores, se obtiene la Tabla 6.

Operador	R (A)	X (A)
1	0,000	5,003
2	0,003	5,005
3	0,003	5,003
R = 0,002 A		
Xd = 0,002 A		

Tabla 6:

Realizando el Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad se obtiene la Tabla 7.

Parámetro	A	%
Repetibilidad (r)	0,004	4,192
Reproducibilidad (R)	0,005	5,021
r&R	0,007	6,541

Tabla 7: Tabla de Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

De la Tabla 7 se puede concluir que como r&R es menor al 10% el sistema de medición es el apropiado para la aplicación diseñada.

Página Dos del Reporte elaborado por el *ASECALMET* para la Función Corriente AC
con Rango = 10,00 A y Valor Nominal = 5,00 A

4.3. Procedimiento para la Comparación entre Laboratorios

Para comparar los reportes proporcionados tanto por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP como por el *ASECALMET*, se eligieron los datos de un estudio de Comparación entre Laboratorios obtenidos con el equipo patrón Fluke Serie 7485017.

Como en los dos procedimientos anteriores, los reportes para esta comparación también presentan diferencias en cuanto a su presentación, ya que el *ASECALMET* analiza cada función con su rango y valor nominal por separado, realizando su gráfica de intercomparación y sacando la conclusión correspondiente. El reporte con este software se encuentra diseñado para que la información general de la intercomparación se encuentre en las dos primeras páginas del reporte y con esto se pueda imprimir una sola vez.

Vale la pena anotar que el reporte obtenido con este software utiliza el método del error normalizado para los dos laboratorios que participan en esta actividad (Laboratorio de Referencia y Laboratorio Confrontado) tal como se explicó anteriormente en la sección 2.2.7, mientras que el reporte obtenido por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP tiene en cuenta además de los datos de los dos laboratorios participantes un dato patrón (equivalente al valor ajustado en los patrones de acuerdo con el manual del equipo "PERFORMANCE TEST") y los límites superior e inferior correspondientes a la función analizada. Sin embargo a pesar de esta diferencia entre los dos reportes, al comparar los dos informes se puede observar que los resultados son consistentes.

A continuación se muestra el reporte obtenido por el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas y el reporte obtenido por el *ASECALMET* imprimiendo una sola vez las dos primeras páginas.

REPORTE DE COMPARACIÓN INTERLABORATORIO No. 002-2006

LABORATORIO DE METROLOGIA - VARIABLES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

La Juita, Facultad de Ciencias Básicas, Pereira, Colombia.
Laboratorio en proceso de acreditación ante la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (S.I.C.)
frente a los requisitos establecidos en el Decreto 2260 de 1993, Título V de la Circular única de la
Superintendencia de Industria y Comercio la cual incorporó la resolución 8728 de 2001 y la Norma NTC-
ISO/IEC 17025 de 2001.

Laboratorio Referencia: Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas
de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Laboratorio Confrontado: Laboratorio de Patronamiento de Equipo
Eléctrico de la Universidad del Valle.

Instrumento Viajero: Multímetro digital Fluke 45
Serie No. 6629041

Patrón de Referencia: Calibrador Fluke 5500A
Serie No. 6480011

Patrón Confrontado: Calibrador Fluke 5500
Serie No. 7485017

Fecha de Elaboración: 2006-07-11

Número de Páginas: Quince (15) incluyendo anexos

*Este reporte expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Sólo podrá ser reproducido
en su totalidad. Los resultados en el contenido se refieren al momento y condiciones bajo las cuales se
realizaron las mediciones.*

Revisado por:
Francisco J. García
Ingeniero de Pruebas-UNIVALLE

Elaborado por
Luis Gregorio Meza C.
Jefe de Calibración-UTP

Página Uno del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

CONDICIONES AMBIENTALES:

Laboratorio Referencia (LPPE)		Laboratorio Confrontado (LME-UTP)	
Temperatura	24 °C	Temperatura	21.3 °C
Humedad relativa	41 %	Humedad relativa	49.5 %

NOTA:

- Según el manual de servicio del multímetro Fluke 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18°C y 28°C y Humedad relativa menor del 70%
- Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el instrumento viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

CALENDARIO:

Fecha	Lugar de calibración	Número de certificado
2006-06-21	Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas Universidad Tecnológica de Pereira	Intercomparación No. 002-2006
2006-06-30	Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico (UNIVALLE)	Intercomparación No. 002-2006

PROCEDIMIENTO:

Procedimiento descrito en el manual de servicio del Multímetro FLUKE 45, llamado PERFORMANCE TEST.

Los resultados de la intercomparación se reportan en las tablas anexas.

INFORMACIÓN DE TRAZABILIDAD

Laboratorio	Equipo empleado	No. De serie	Certificado No.	Fecha de calibración
Referencia	FLUKE 5500A	7485017	873673- 7485017:1124294914	2005-08-15
Confrontado	FLUKE 5500A	6480011	A2LACERT # 1899.01	2005-02-01

El calibrador patrón del laboratorio de Referencia tiene Trazabilidad al laboratorio acreditado Dallas Support Center, cuyos equipos tienen Trazabilidad a patrones nacionales/internacionales, acordes con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El calibrador patrón del laboratorio de Confrontado tiene Trazabilidad a la FLUKE.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El método empleado para juzgar la calidad de las mediciones de la intercomparación fue calculando la desviación normalizada E_n con respecto a la incertidumbre estática i.e.

$$E_n = \frac{X_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{(U_{lab}^2 + U_{ref}^2)}}$$

Donde:

X_{lab} :	es el valor medido en el laboratorio confrontado
X_{ref} :	es el valor medido en el laboratorio de referencia
U_{lab} :	es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio confrontado
U_{ref} :	es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio de referencia
U_{lab} :	es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio confrontado

Se consideró que un valor de E_n menor a la unidad para la medición es un valor aceptable.

Los resultados de la intercomparación se reportan en las tablas anexas. Las tablas poseen la siguiente información por orden de columnas de izquierda a derecha:

Tabla No. 1 “Datos de intercomparación Univalle – UTP”

Columna No. 1; Función: Muestra las unidades trabajadas y si es el caso con la frecuencia aplicada.

Columna No. 2; UNIVALLE -F 45 Valor Leído: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio confrontado (LPEE – Univalle).

Columna No. 3; UTP – F45 Valor leído: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio de referencia (UTP).

Columna No. 4; Dato Patrón: es el valor ajustado en los patrones según el manual del equipo "PERFORMANCE TEST".

Columna No. 5; diferencia de lecturas: Es la desviación de la lectura del laboratorio confrontado (LPEE) con respecto a la del laboratorio de referencia (UTP).

Columna No. 6; especificación de error Univalle-UTP: es el error tolerado con que se trabajaron los patrones utilizados. Esta tolerancia se calcula de acuerdo a las especificaciones de exactitud dadas en el manual del Fluke 5500A.

Columna No. 7; Error total Intercomparación: determina la desviación máxima que debe tener un dato de la segunda columna con respecto a la tercera columna en un punto de comparación. El error total de intercomparación debe ser MAYOR (en valor absoluto) que la diferencia de las lecturas, de no ser así es posible que:

- Las tolerancias especificadas no son correctas y/o
- La estabilidad del Fluke 45 no fue apropiada y/o
- El dato fue mal tomado.

Columna No. 8; Límite superior: determina la lectura máxima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación.

Columna No. 9; Límite inferior: determina la lectura mínima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación.

Columna No. 10; Punto Max Univalle: es la tolerancia positiva según especificación para el dato tomado en el Laboratorio de Patronamiento (UNIVALLE)

Columna No. 11; Punto Min Univalle: es la tolerancia negativa según especificación para el dato tomado en el Laboratorio de Patronamiento (UNIVALLE)

Columna No. 12; Punto Max UTP: es la tolerancia positiva según especificación para el dato tomado en el Laboratorio de la UTP.

Columna No. 13; Punto Min UTP: es la tolerancia negativa según especificación para el dato tomado en el Laboratorio de la UTP.

Tabla No. 2. CRITERIO En, INTERCOMPARACIÓN.

Columna No. 1; Rangos: Muestra los rangos y las unidades trabajadas (si es el caso con la frecuencia aplicada).

Columna No. 2; E_n : muestra el valor calculado de E_n (según la ecuación dada)

Columna No. 3; A UTP: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio confrontado (UTP).

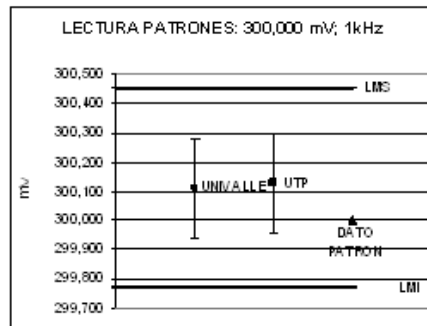
Columna No. 4; A UNIVALLE: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio de referencia (UNIVALLE)

Columna No. 5; μE (UTP): es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la UTP.

Columna No. 6; UE (UNIVALLE): es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la UNIVALLE

GRAFICOS DE INTERCOMPARACIÓN

En las gráficas que se anexan a continuación se muestra para cada valor (de acuerdo al PERFORMANCE TEST) de la intercomparación los valores obtenidos para ambos laboratorios, así como los límites superiores e inferiores de acuerdo a la **tabla No. 1**. Los valores de cada laboratorio muestran un rango de tolerancia que se refiere a los valores de las columnas 10 y 11 para el laboratorio de UNIVALLE y las columnas 12 y 13 para el laboratorio de la UTP. A continuación se muestra un ejemplo de las gráficas:



● UNIVALLE: es el valor obtenido en el laboratorio de Patronamiento (UNIVALLE)

■ UTP: es el valor obtenido en el laboratorio de Variables Eléctricas (UTP)

▲ DATO PATRON: es el valor ajustado en los patrones.

CONCLUSIONES:

De acuerdo a los resultados obtenidos se logró identificar que:

- El resultado de la comparación interlaboratorios fue favorable ya que los resultados sobre el criterio de la desviación normalizada E_n cumplieron con el límite establecido (menor a la unidad)
- El método empleado de medición fue el correcto y se confirma que las pruebas se realizaron según los lineamientos del manual del multímetro Fluke 45.
- El instrumento viajero tuvo la estabilidad correcta para este trabajo.
- Se observa que en los puntos 15,00 mV y 300,00 mV (100 kHz), el Dato Patrón se encuentra fuera de los límites superior e inferior, estos quiere decir que el instrumento viajero no está cumpliendo con las especificaciones del fabricante de estos puntos en particular.

ANEXO 1. Datos Intercomparación unidades eléctricas UNIVALLE – UTP													
Función	Rango	Univalle		Des. Patrón	Diferencia de lecturas	Especificaciones de error		Límite superior	Límite inferior	Punto Máx.	Punto Mín.	Punto Máx.	Punto Mín.
		F4: Valor leído	F4: Valor leído			Univalle - UTP	Intercomparación						
Voltaje DC	100 mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV
		50.0010	50.0045	50.00000	-0.00370	0.00240	0.0145	50.021300	50.027700	50.009400	50.009400	50.013500	50.009400
		1000 mV	500.010	500.045	500.00000	-0.02700	0.07000	1.0000	500.147000	500.047000	500.070000	500.057000	500.007000
	100 mV	100.010	100.010	100.00000	0.00000	0.02100	0.0420	100.071000	100.043000	100.031000	100.030000	100.031000	100.030000
		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		-1.00010	-1.00010	-1.00000	0.00000	-0.00014	-0.0003	-1.000420	-1.0000700	-1.0000140	-1.0000040	-1.0000140	-1.0000040
	10 V	10.0010	10.0010	10.0000	0.00100	0.00175	0.0031	10.004100	10.007900	10.003750	10.000470	10.002750	10.000470
		-10.0000	-10.0015	-10.0000	0.00170	-0.00175	-0.0031	-10.004400	-10.0090400	-10.004170	-10.0090470	-10.004010	-10.0090070
		100.010	100.010	100.000	0.00000	0.01700	0.0340	100.044000	100.074000	100.030000	100.027000	100.030000	100.027000
	1000 V	-100.010	-100.010	-100.000	0.00000	0.01700	0.0340	-100.074000	-100.044000	-100.030000	-100.027000	-100.030000	-100.027000
		1000.00	1000.05	1000.00	-0.07000	0.07470	0.1130	1000.143000	999.927000	1000.074700	999.943700	1000.104700	999.953700
		-1000.00	-1000.00	-1000.00	0.00000	0.07470	0.1130	-999.927000	-1000.113000	-999.943700	-1000.074700	-999.943700	-1000.074700
Voltaje AC		mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV	mV
1 MHz	300 mV	17.010	17.013	17.000	-0.00300	0.04270	0.0570	17.050000	14.970000	17.077000	14.977000	17.077000	14.970000
		100.000	100.010	100.000	-0.07000	0.17000	0.3400	100.370000	100.030000	100.170000	100.030000	100.300000	100.030000
		100.000	100.010	100.000	-0.07000	0.17000	0.3400	100.370000	100.030000	100.170000	100.030000	100.300000	100.030000
100 MHz	300 mV	14.110	14.207	17.000	0.01700	0.11000	0.4200	14.717000	11.077000	14.720000	14.100000	14.707000	14.027000
		100.000	100.010	100.000	0.00000	0.05000	0.1000	100.050000	100.000000	100.050000	100.000000	100.050000	100.000000
		100.000	100.010	100.000	0.00000	0.05000	0.1000	100.050000	100.000000	100.050000	100.000000	100.050000	100.000000
1 MHz	3 V	3.00000	3.00010	3.00000	-0.00070	0.00004	0.0019	3.002220	2.998320	3.000740	2.998240	3.001240	2.998240
		10.000	10.000	10.000	-0.00000	0.00140	0.0272	10.029200	10.000800	10.029200	10.000800	10.029200	10.000800
		100.000	100.000	100.000	-0.03000	0.240015	0.4200	100.420000	100.120000	100.420000	100.120000	100.420000	100.120000
1 MHz	770 V	745.40	745.70	770.00	0.10000	1.700100	3.0002	771.700100	744.499900	771.700100	744.499900	771.700100	744.499900
		10.000	10.000	10.000	-0.00170	0.00325	0.0045	10.004500	10.000000	10.004500	10.000000	10.004500	10.000000
		100.000	100.000	100.000	-0.00700	0.01310	0.0244	100.024400	100.000000	100.024400	100.000000	100.024400	100.000000
Corriente DC	10 mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA
		10.000	10.000	10.000	-0.00170	0.00325	0.0045	10.004500	10.000000	10.004500	10.000000	10.004500	10.000000
		100.000	100.000	100.000	-0.00700	0.01310	0.0244	100.024400	100.000000	100.024400	100.000000	100.024400	100.000000
10 A	10 A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		10.0010	10.0070	10.0000	-0.00300	0.00433	0.0137	10.017400	9.993340	10.009910	9.994470	10.01330	9.990470
		10.0010	10.0070	10.0000	-0.00300	0.00433	0.0137	10.017400	9.993340	10.009910	9.994470	10.01330	9.990470

Página Seis del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

Función	Rango	Univalle		Des. Patrón	Diferencia de lecturas	Especificaciones de error		Límite superior	Límite inferior	Punto Máx.	Punto Mín.	Punto Máx.	Punto Mín.
		F4: Valor leído	F4: Valor leído			Univalle - UTP	Intercomparación						
Corriente AC	10 mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA
		10.000	10.000	10.000	-0.00000	0.00000	0.1000	10.170000	10.030000	10.030000	10.030000	10.030000	10.030000
		100.000	100.000	100.000	0.00700	0.23000	0.4400	100.473000	99.533000	100.230000	99.770000	100.230000	99.770000
1 MHz	10 A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		10.0040	10.0050	10.0000	-0.00300	0.03700	0.0700	10.070000	9.959000	10.041000	9.971000	10.044000	9.974000
		100.000	100.010	100.000	-0.010	0.07400	0.0450	100.072000	99.947000	100.074000	99.974000	100.074000	99.954000
100 Ω	100 Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
		100.000	100.000	100.000	-0.007	0.03110	0.0442	100.041300	100.031100	100.031100	100.031100	100.031100	100.031100
		100.000	100.000	100.000	0.017	0.04200	0.0540	100.070000	100.020000	100.070000	100.020000	100.070000	100.020000
10 kΩ	10 kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ
		1.00010	1.00007	1.00000	0.00007	0.00017	0.0003	1.000370	0.999770	1.000270	0.999970	1.000270	0.999970
		1.00010	1.00007	1.00000	0.00007	0.00017	0.0003	1.000370	0.999770	1.000270	0.999970	1.000270	0.999970
100 kΩ	100 kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ	kΩ
		10.0010	10.0002	10.0000	0.00010	0.00170	0.0030	10.003000	9.997000	10.003000	9.997000	10.003000	9.997000
		10.0010	10.0002	10.0000	0.00010	0.00170	0.0030	10.003000	9.997000	10.003000	9.997000	10.003000	9.997000
10 MΩ	10 MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ
		1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.0004	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600
		1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.0004	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600
100 MΩ	100 MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ
		1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.0004	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600
		1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.0004	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600	1.000400	0.999600

Página Siete del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

ANEXO 2. CRITERIO E_n , INTERCOMPARACIÓN

Rangos	E_n	A UTP	A UNIVALLE	UE (UTP)	UE (UNIVALLE)
	Ωm	Ωm	Ωm	Ωm	Ωm
300 Ωm	0,2437	100,010	100,000	0,028	0,03
	0,1470	189,997	189,990	0,037	0,03
	-0,2143	299,975	299,990	0,049	0,05
	k Ωm	k Ωm	k Ωm	k Ωm	k Ωm
3 k Ωm	-0,1858	1,000	1,000	0,00018	0,0002
	-0,1488	1,900	1,900	0,00027	0,0002
	-0,1812	3,000	3,000	0,00038	0,0004
30 k Ωm	-0,0743	10,001	10,001	0,0018	0,002
	-0,1488	19,002	19,002	0,0027	0,002
	-0,2719	30,001	30,002	0,0038	0,004
300k Ωm	-0,2475	100,003	100,010	0,020	0,02
	-0,1121	190,005	190,010	0,033	0,03
	0,0000	300,000	300,000	0,048	0,05
	M Ωm	M Ωm	M Ωm	M Ωm	M Ωm
3 M Ωm	-0,1301	1,000	1,000	0,00024	0,0003
	-0,1790	1,900	1,900	0,00039	0,0004
	-0,2756	3,000	3,000	0,00058	0,0006
30M Ωm	0,0459	10,000	9,999	0,0074	0,008
	-0,0482	18,997	18,998	0,022	0,022
	-0,0505	29,992	29,994	0,035	0,035
300M Ωm	-0,0604	100,050	100,100	0,57	0,6
	-0,0321	190,150	190,200	1,1	1,1
	-0,0333	300,220	300,300	1,7	1,7
	mV	mV	mV	mV	mV
100 mV	0,2966	90,005	90,001	0,0095	0,007
1000 mV	0,3297	900,045	900,020	0,057	0,05
300 mV	0,0000	300,010	300,010	0,024	0,02
	V	V	V	V	V
3 V	0,0000	-3,000	-3,000	0,00018	0,0002
30 V	-0,3716	30,001	30,002	0,0018	0,002
	-0,5437	-30,002	-30,000	0,0019	0,002
300 V	0,0000	300,010	300,010	0,020	0,02
	0,0000	-300,010	-300,010	0,020	0,02
1000 V	0,3607	1000,050	1000,000	0,096	0,1
	0,0000	-1000,000	-1000,000	0,085	0,1

Página Ocho del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

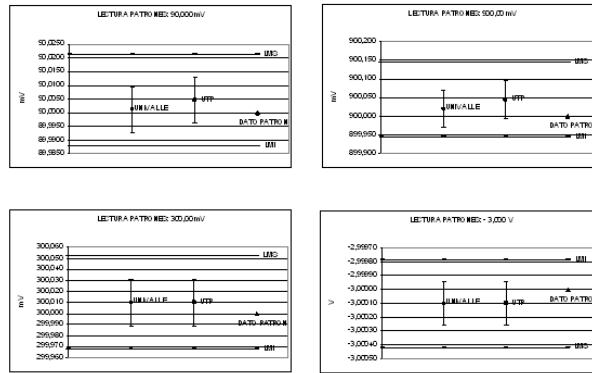
	mV	mV	mV	mV	mV
300 mV 1 kHz	0,0474	15,013	15,010	0,049	0,04
	0,1910	300,030	299,980	0,19	0,18
300 mV 100 kHz	-0,0480	14,295	14,310	0,24	0,2
	-0,0764	295,703	296,000	2,8	2,7
	V	V	V	V	V
3 V 1 kHz	0,3071	3,000	3,000	0,0011	0,0012
30 V 1 kHz	0,3254	30,004	29,998	0,014	0,012
300 V 1 kHz	0,0833	300,003	299,970	0,27	0,29
750 V 1 kHz	-0,0555	749,500	749,600	0,057	1,8

Rangos	En	A UTP	A UNIVALLE	UE (UTP)	UE (UNIVALLE)
	mA	mA	mA	mA	mA
30 mA DC	0,2753	30,000	29,998	0,0037	0,004
100 mA DC	0,3549	99,997	99,990	0,017	0,01
	A	A	A	A	A
10 A DC	0,199165255	10,005	10,003	0,0072	0,007
	mA	mA	mA	mA	mA
30 mA 1 kHz	0,0199	29,999	29,997	0,071	0,071
100 mA 1 kHz	-0,0198	99,993	100,000	0,260	0,240
	A	A	A	A	A
10 A 1 kHz	0,0537	10,009	10,006	0,04	0,0390

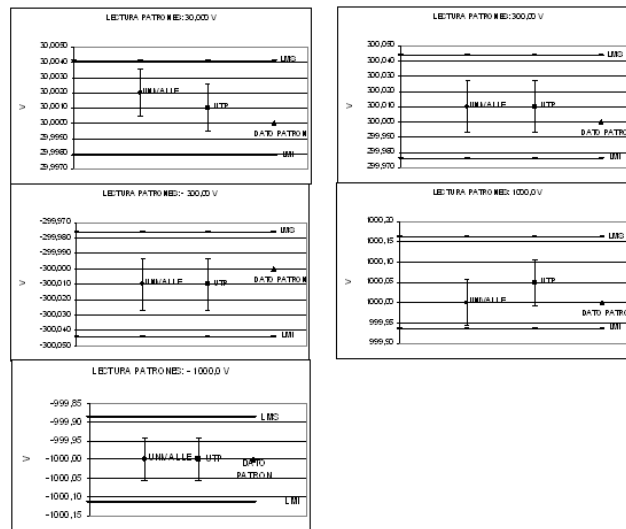
Página Nueve del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

ANEXO 3. GRAFICAS DE INTERCOMPARACION.

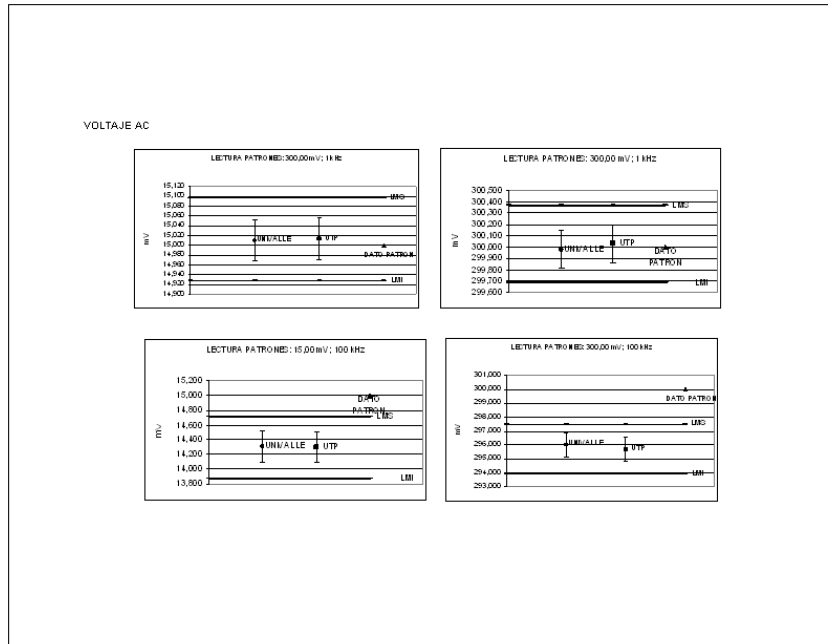
VOLTAJE DC.



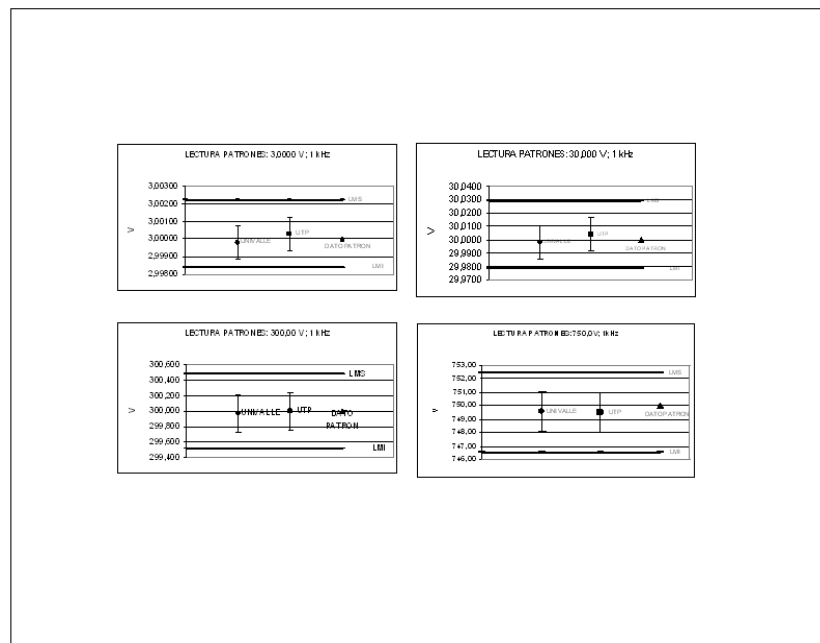
Página Diez del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



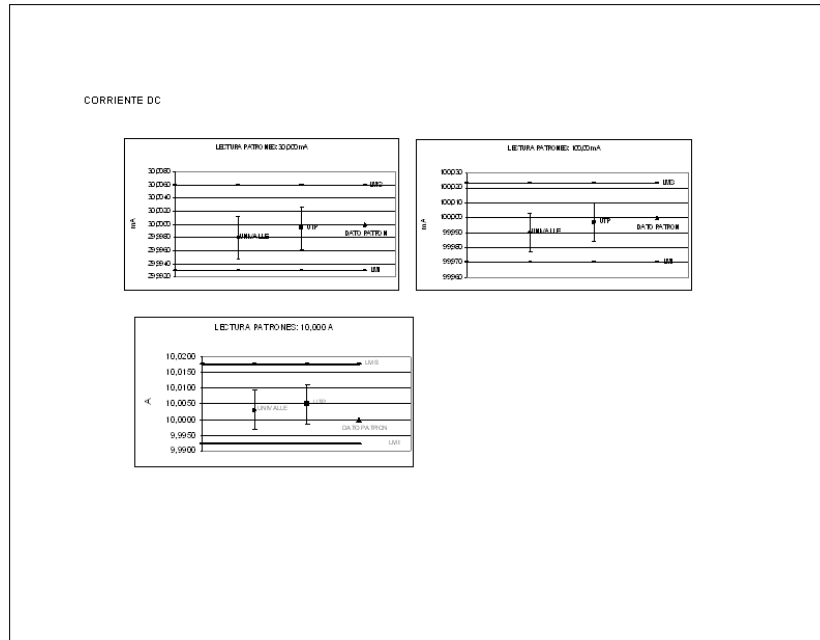
Página Once del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



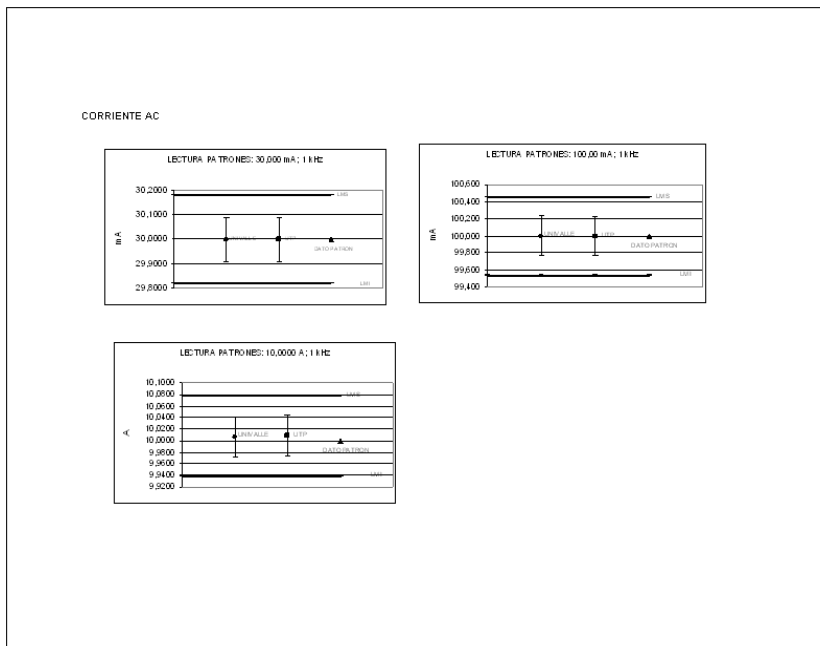
Página Doce del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



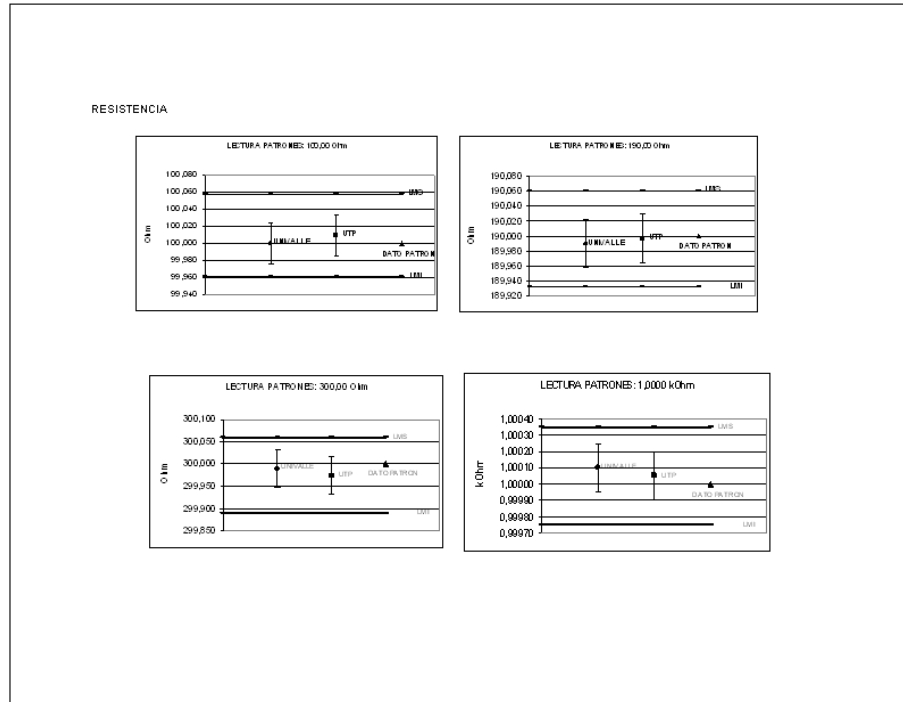
Página Trece del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



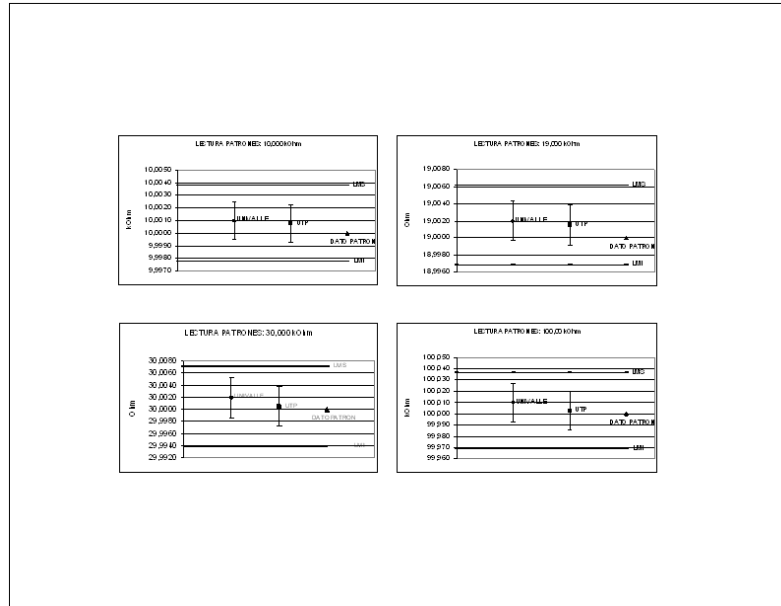
Página Catorce del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



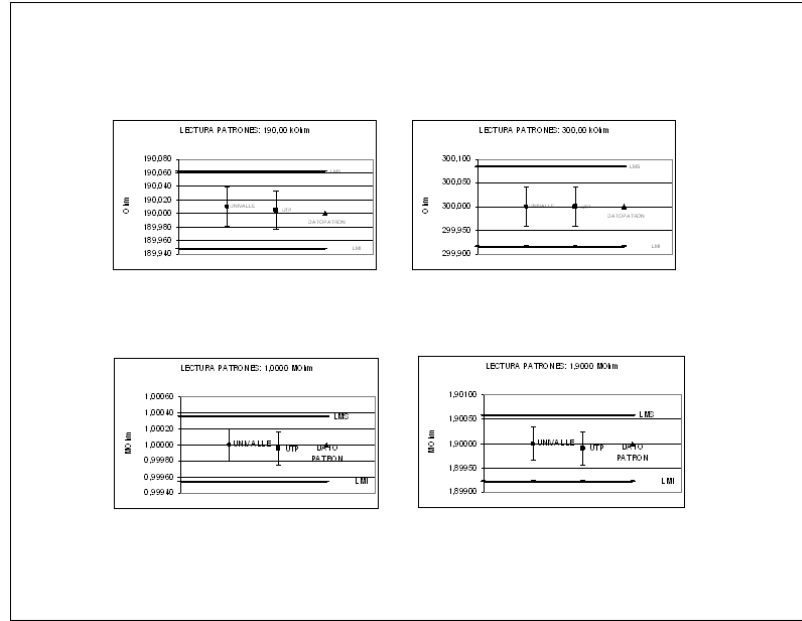
Página Quince del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



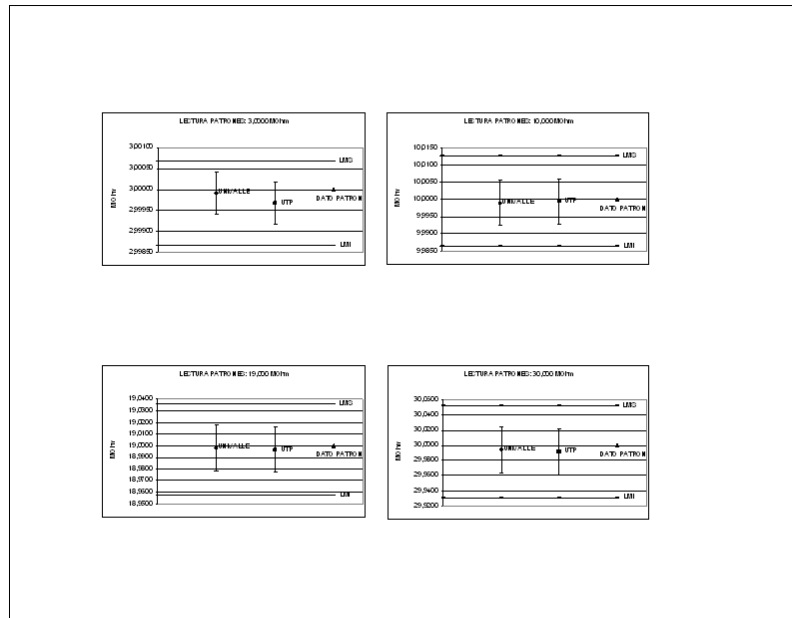
Página Dieciséis del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



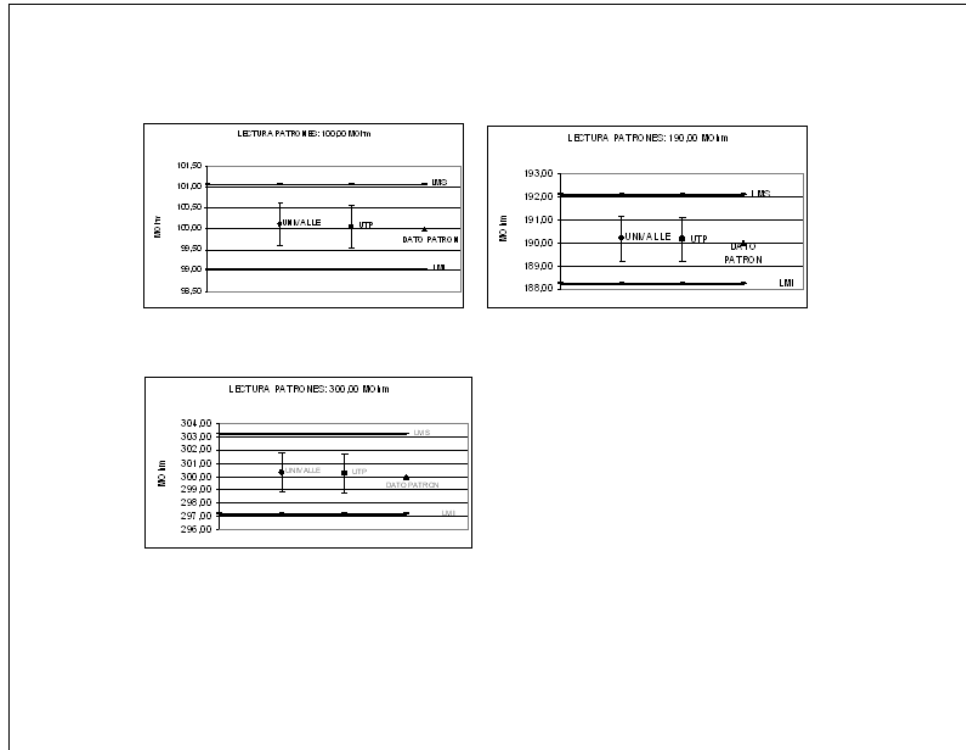
Página Diecisiete del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



Página Dieciocho del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



Página Diecinueve del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP



Página Veinte del Reporte para la Comparación entre Laboratorios obtenido por el
Laboratorio de Variables Eléctricas de la UTP

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS
Reporte de Comparación entre Laboratorios No. 002-2006

Este reporte muestra por medio del criterio del error normalizado el comportamiento del equipo patrón "EL CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN FLUKE 5500 A SERIE 7485017" del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP al participar en una prueba de intercomparación con otro laboratorio de calibración también acreditado.

DATOS GENERALES:

Los datos generales de los laboratorios involucrados en este estudio son los de la Tabla 1.

Fecha	2006-07-11
Laboratorio de Referencia	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira
Laboratorio Confrontado	Laboratorio de Patronamiento Eléctrico de la Universidad del Valle
Instrumento Viajero	Multímetro Digital Fluke 45 Serie: 6629041
Patrón de Referencia	Calibrador Fluke 5500A Serie: 7485017
Patrón Confrontado	Calibrador Fluke 5500A Serie: 6480011

Tabla 1: Datos de los Laboratorios

CONDICIONES AMBIENTALES:

Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizaron las mediciones para llevar a cabo este estudio son las de la Tabla 2.

Laboratorio de Referencia (LME-UTP)		Laboratorio Confrontado (LPPE)	
Temperatura	24 °C	Temperatura	21,3 °C
Humedad Relativa	41 %	Humedad Relativa	49,5 %

Tabla 2: Condiciones Ambientales

NOTAS:

Según el manual de servicio del Multímetro Fluke 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18 °C y 28 °C y Humedad Relativa menor del 70 %.

Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el instrumento viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

CALENDARIO:

El calendario con las fechas y los lugares en los cuales se realizó este estudio se muestra en la Tabla 3.

Fecha	Lugar de Calibración	Número de Certificado
2006-06-21	Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira	002-2006
2006-06-30	Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico (UNIVALLE)	002-2006

Tabla 3: Calendario

PROCEDIMIENTO:

El Procedimiento utilizado para este estudio es el Procedimiento descrito en el manual de servicio del Multímetro FLUKE 45, llamado PERFORMANCE TEST.

TRAZABILIDAD:

La información sobre la trazabilidad de los equipos utilizados para ejecutar este estudio, se muestran en la Tabla 4.

Laboratorio	Equipo Empleado	Número de Serie	Fecha de Calibración
Confrontado	Calibrador Fluke 5500A	6480011	2005-02-01
Referencia	Calibrador Fluke 5500A	7485017	2005-08-15

Tabla 4: Información de Trazabilidad

Este reporte expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Sólo podrá ser reproducido en su totalidad. Los resultados en él contenidos se refieren al momento y condiciones bajo las cuales se realizaron las mediciones.

Francisco J. García
Ingeniero de Pruebas UNIVALLE
Revisado por

Luis Gregorio Meza C.
Jefe de Calibración UTP
Elaborado por

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 Ohm y Valor Nominal 100 Ohm, son los de la Tabla 5.

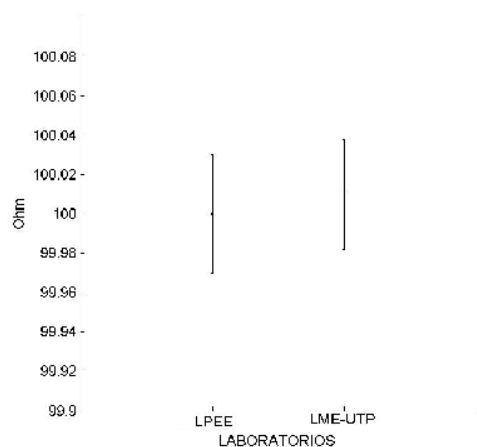
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 Ohm			
Valor Nominal: 100 Ohm			
Xconf (Ohm)	Xref (Ohm)	Uconf (Ohm)	Uref (Ohm)
100,000	100,010	0,03	0,028

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,24369$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 Ohm y Valor Nominal 190 Ohm, son los de la Tabla 5.

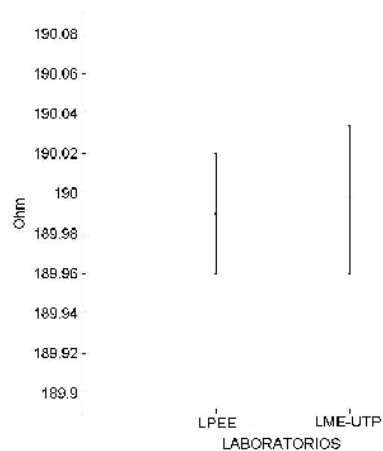
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 Ohm			
Valor Nominal: 190 Ohm			
\bar{X}_{conf} (Ohm)	\bar{X}_{ref} (Ohm)	U_{conf} (Ohm)	U_{ref} (Ohm)
189,990	189,997	0,03	0,037

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0.18857$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 Ohm y Valor Nominal 300 Ohm, son los de la Tabla 5.

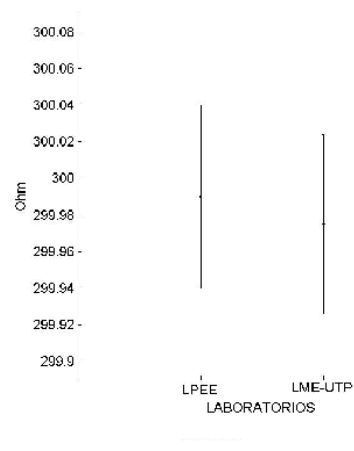
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 Ohm			
Valor Nominal: 300 Ohm			
Xconf (Ohm)	Xref (Ohm)	Uconf (Ohm)	Uref (Ohm)
299,990	299,975	0,05	0,049

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,21426$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 kOhm y Valor Nominal 1 kOhm, son los de la Tabla 5.

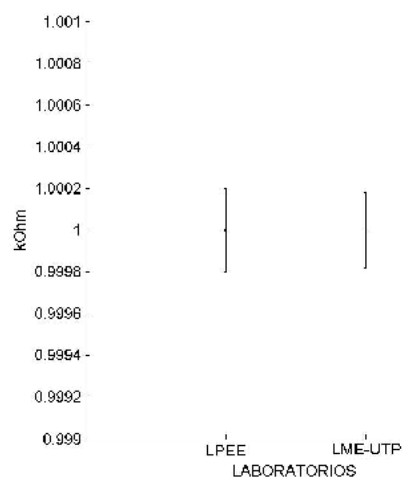
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 kOhm			
Valor Nominal: 1 kOhm			
\bar{X}_{conf} (kOhm)	\bar{X}_{ref} (kOhm)	U_{conf} (kOhm)	U_{ref} (kOhm)
1,000	1,000	0,0002	0,00018

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 kOhm y Valor Nominal 1,9 kOhm, son los de la Tabla 5.

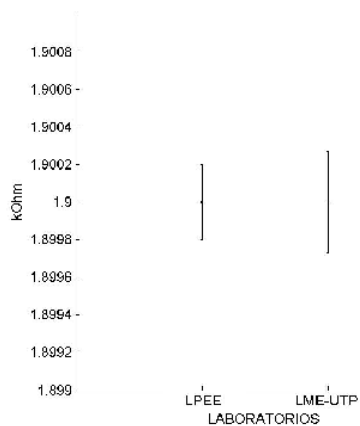
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 kOhm			
Valor Nominal: 1,9 kOhm			
X _{conf} (kOhm)	X _{ref} (kOhm)	U _{conf} (kOhm)	U _{ref} (kOhm)
1,900	1,900	0,0002	0,00027

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 kOhm y Valor Nominal 3 kOhm, son los de la Tabla 5.

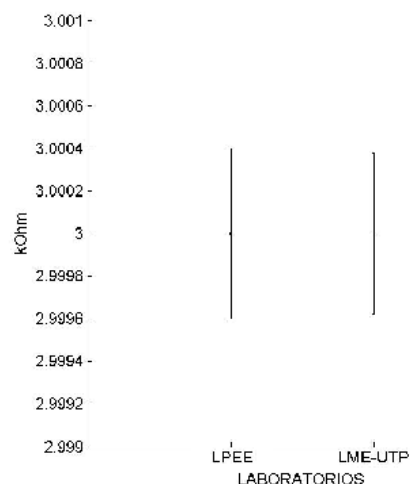
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 kOhm			
Valor Nominal: 3 kOhm			
Xconf (kOhm)	Xref (kOhm)	Uconf (kOhm)	Uref (kOhm)
3,000	3,000	0,0004	0,00038

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 kOhm y Valor Nominal 10 kOhm, son los de la Tabla 5.

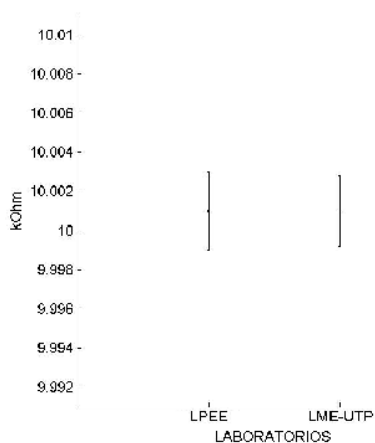
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 kOhm			
Valor Nominal: 10 kOhm			
X _{conf} (kOhm)	X _{ref} (kOhm)	U _{conf} (kOhm)	U _{ref} (kOhm)
10,001	10,001	0,002	0,0018

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 kOhm y Valor Nominal 19 kOhm, son los de la Tabla 5.

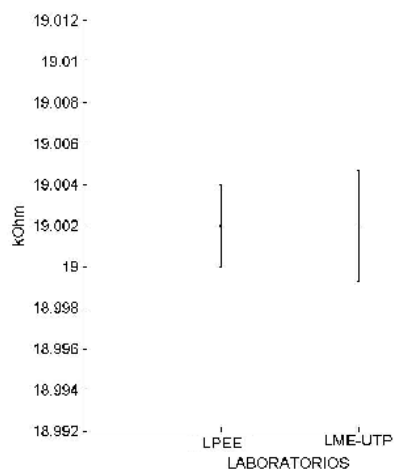
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 kOhm			
Valor Nominal: 19 kOhm			
Xconf (kOhm)	Xref (kOhm)	Uconf (kOhm)	Uref (kOhm)
19,002	19,002	0,002	0,0027

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 kOhm y Valor Nominal 30 kOhm, son los de la Tabla 5.

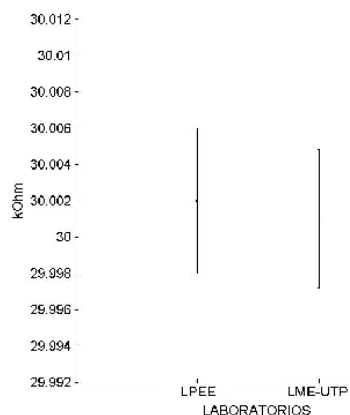
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 kOhm			
Valor Nominal: 30 kOhm			
X _{conf} (kOhm)	X _{ref} (kOhm)	U _{conf} (kOhm)	U _{ref} (kOhm)
30,002	30,001	0,004	0,0038

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,18125$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 kOhm y Valor Nominal 100 kOhm, son los de la Tabla 5.

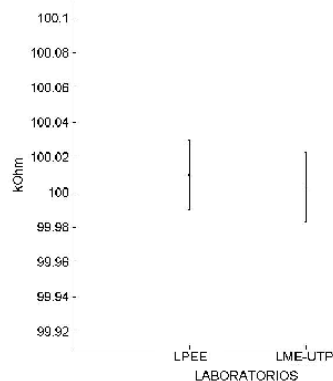
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 kOhm			
Valor Nominal: 100 kOhm			
\bar{X}_{conf} (kOhm)	\bar{X}_{ref} (kOhm)	U_{conf} (kOhm)	U_{ref} (kOhm)
100,010	100,003	0,02	0,020

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,24749$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 kOhm y Valor Nominal 190 kOhm, son los de la Tabla 5.

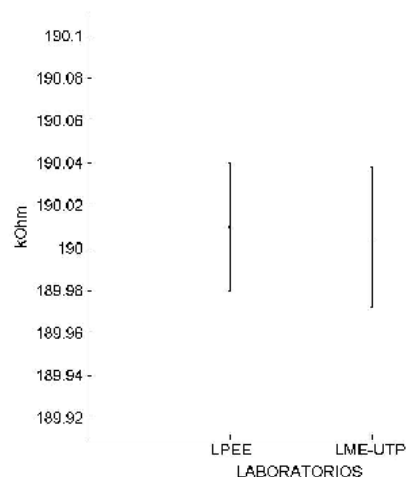
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 kOhm			
Valor Nominal: 190 kOhm			
Xconf (kOhm)	Xref (kOhm)	Uconf (kOhm)	Uref (kOhm)
190,010	190,005	0,03	0,033

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,11211$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 kOhm y Valor Nominal 300 kOhm, son los de la Tabla 5.

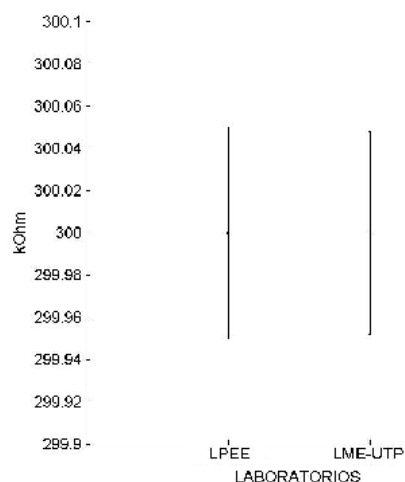
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 kOhm			
Valor Nominal: 300 kOhm			
Xconf (kOhm)	Xref (kOhm)	Uconf (kOhm)	Uref (kOhm)
300,000	300,000	0,05	0,048

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 MOhm y Valor Nominal 1 MOhm, son los de la Tabla 5.

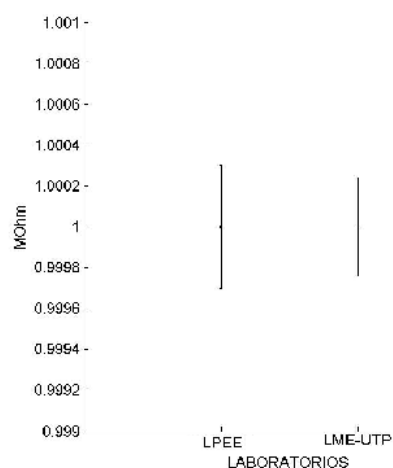
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 MOhm			
Valor Nominal: 1 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
1,000	1,000	0,0003	0,00024

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 MOhm y Valor Nominal 1,9 MOhm, son los de la Tabla 5.

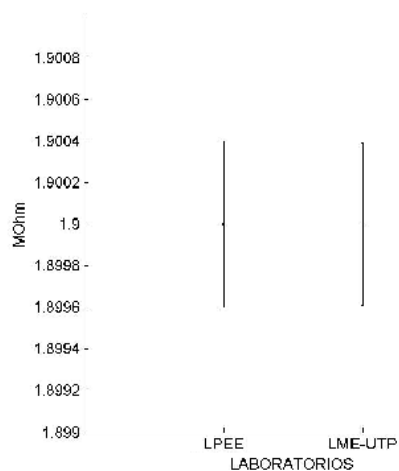
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 MOhm			
Valor Nominal: 1,9 MOhm			
X _{conf} (MOhm)	X _{ref} (MOhm)	U _{conf} (MOhm)	U _{ref} (MOhm)
1,900	1,900	0,0004	0,00039

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 3 MOhm y Valor Nominal 3 MOhm, son los de la Tabla 5.

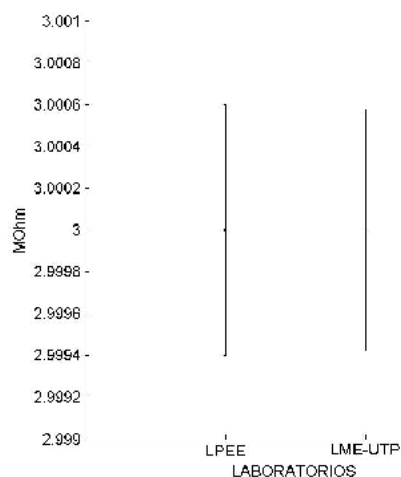
Función: RESISTENCIA			
Rango: 3 MOhm			
Valor Nominal: 3 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
3,000	3,000	0,0006	0,00058

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 MOhm y Valor Nominal 10 MOhm, son los de la Tabla 5.

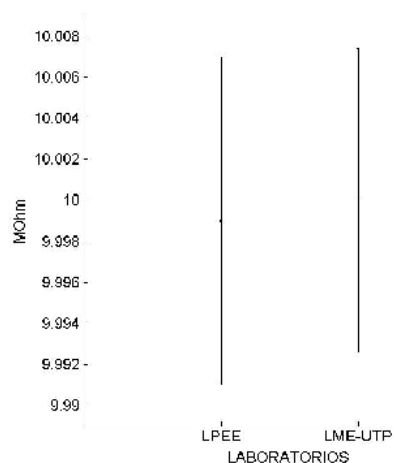
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 MOhm			
Valor Nominal: 10 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
9,999	10,000	0,008	0,0074

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = -0,091762$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 MOhm y Valor Nominal 19 MOhm, son los de la Tabla 5.

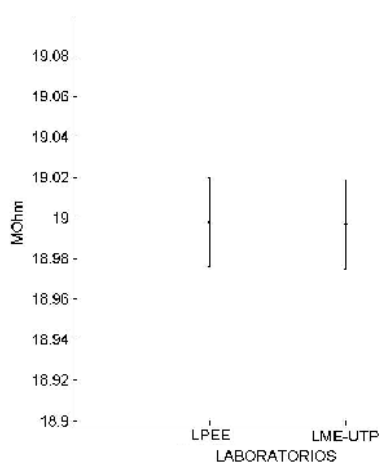
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 MOhm			
Valor Nominal: 19 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
18,998	18,997	0,022	0,022

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,032141$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 30 MOhm y Valor Nominal 30 MOhm, son los de la Tabla 5.

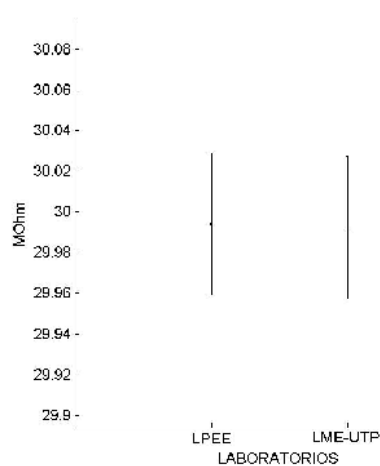
Función: RESISTENCIA			
Rango: 30 MOhm			
Valor Nominal: 30 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
29,994	29,992	0,035	0,035

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,040406$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 MOhm y Valor Nominal 100 MOhm, son los de la Tabla 5.

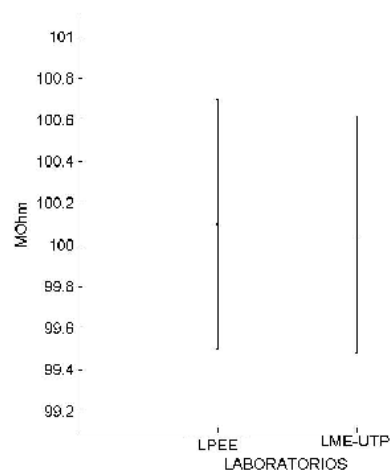
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 MOhm			
Valor Nominal: 100 MOhm			
X _{conf} (MOhm)	X _{ref} (MOhm)	U _{conf} (MOhm)	U _{ref} (MOhm)
100,1	100,050	0,6	0,57

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,060417$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 MOhm y Valor Nominal 190 MOhm, son los de la Tabla 5.

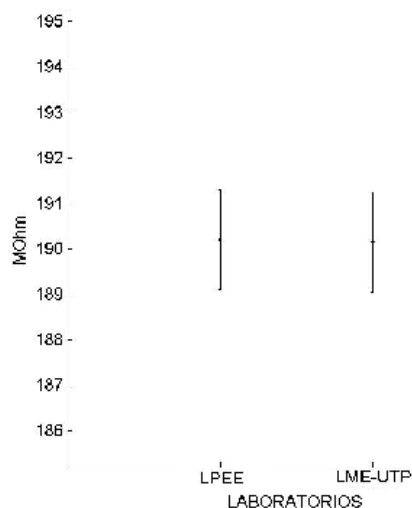
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 MOhm			
Valor Nominal: 190 MOhm			
Xconf (MOhm)	Xref (MOhm)	Uconf (MOhm)	Uref (MOhm)
190,200	190,150	1,1	1,1

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,032141$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

ASECALMET

Comparación entre Laboratorios

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función RESISTENCIA en el Rango 300 MOhm y Valor Nominal 300 MOhm, son los de la Tabla 5.

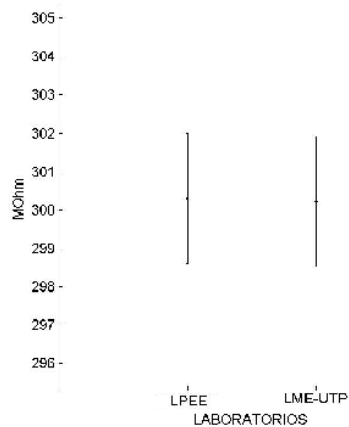
Función: RESISTENCIA			
Rango: 300 MOhm			
Valor Nominal: 300 MOhm			
\bar{X}_{conf} (MOhm)	\bar{X}_{ref} (MOhm)	U_{conf} (MOhm)	U_{ref} (MOhm)
300,300	300,220	1,7	1,7

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,033276$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

Página Veintitres del Reporte de Comparación entre Laboratorios obtenido por el

ASECALMET

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 100 mV y Valor Nominal 90 mV, son los de la Tabla 5.

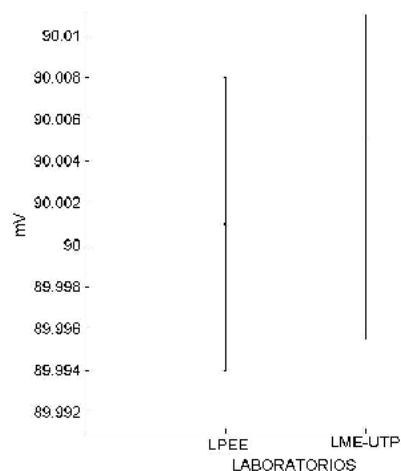
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 100 mV			
Valor Nominal: 90 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
90,001	90,005	0,007	0,0095

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = -0,33897$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 1000 mV y Valor Nominal 900 mV, son los de la Tabla 5.

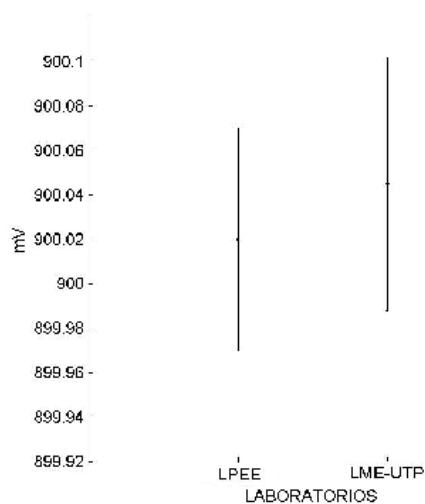
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 1000 mV			
Valor Nominal: 900 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
900,020	900,045	0,05	0,057

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,32972$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

ASECALMET

Comparación entre Laboratorios

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 300 mV y Valor Nominal 300 mV, son los de la Tabla 5.

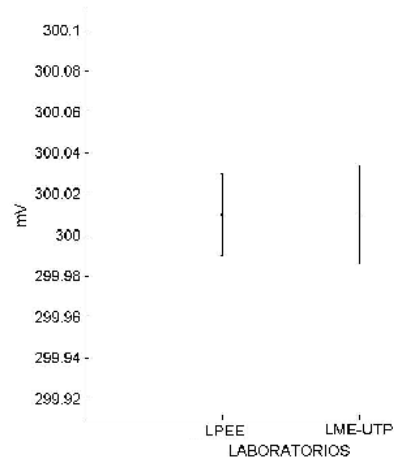
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 300 mV			
Valor Nominal: 300 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
300,010	300,010	0,02	0,024

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 3 V y Valor Nominal -3 V, son los de la Tabla 5.

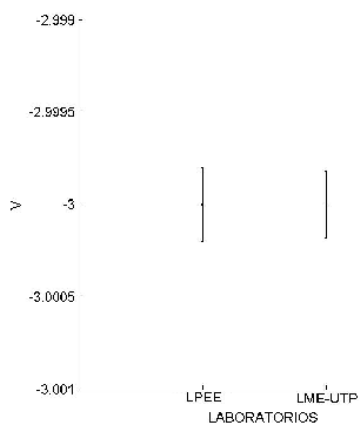
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 3 V			
Valor Nominal: -3 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
-3,000	-3,000	0,0002	0,00018

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 30 V y Valor Nominal 30 V, son los de la Tabla 5.

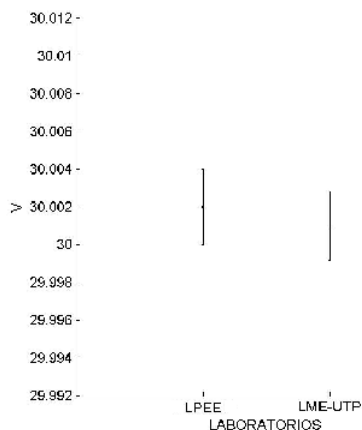
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 30 V			
Valor Nominal: 30 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
30,002	30,001	0,002	0,0018

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,37165$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 30 V y Valor Nominal -30 V, son los de la Tabla 5.

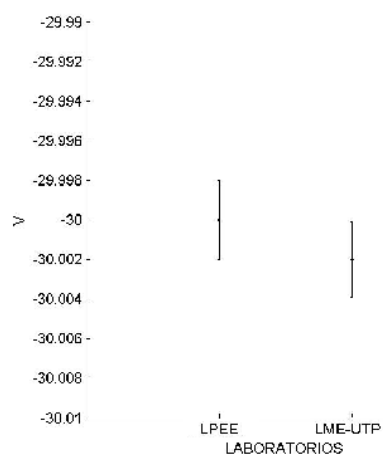
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 30 V			
Valor Nominal: -30 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
-30,000	-30,002	0,002	0,0019

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = 0,725$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 300 V y Valor Nominal 300 V, son los de la Tabla 5.

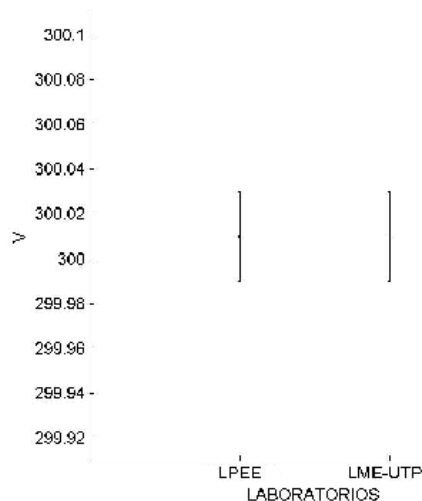
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 300 V			
Valor Nominal: 300 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
300,010	300,010	0,02	0,020

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

ASECALMET

Comparación entre Laboratorios

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 300 V y Valor Nominal -300 V, son los de la Tabla 5.

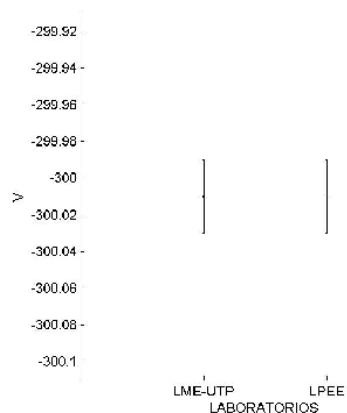
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 300 V			
Valor Nominal: -300 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
-300,010	-300,010	0,02	0,020

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

Página Treinta y uno del Reporte de Comparación entre Laboratorios obtenido por el

ASECALMET

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 1000 V y Valor Nominal 1000 V, son los de la Tabla 5.

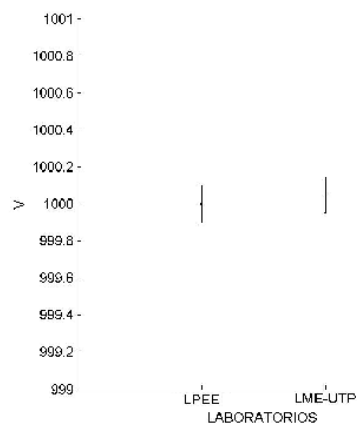
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 1000 V			
Valor Nominal: 1000 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
1000,000	1000,050	0,1	0,096

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,36069$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE DC en el Rango 1000 V y Valor Nominal -1000 V, son los de la Tabla 5.

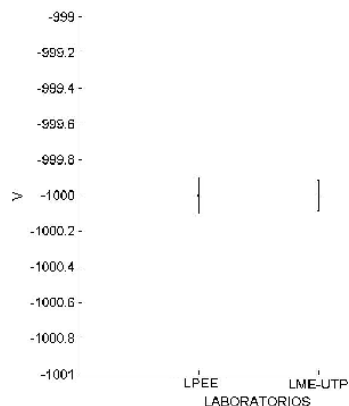
Función: VOLTAJE DC			
Rango: 1000 V			
Valor Nominal: -1000 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
-1000,000	-1000,000	0,1	0,085

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 300 mV y Valor Nominal 15 mV, son los dados en la Tabla 5.

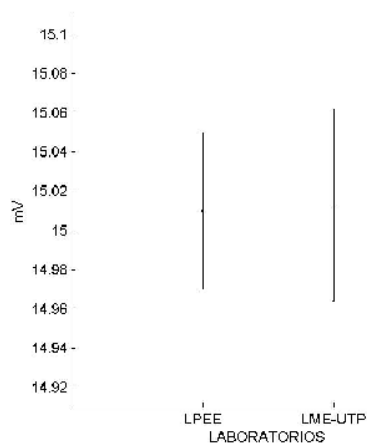
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 300 mV (1 kHz)			
Valor Nominal: 15 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
15,010	15,013	0,04	0,049

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,047428$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 300 mV y Valor Nominal 300 mV, son los de la Tabla 5.

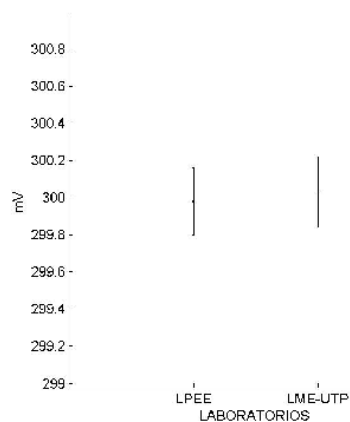
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 300 mV (1 kHz)			
Valor Nominal: 300 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
299,980	300,030	0,18	0,19

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,19104$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 300 mV y Valor Nominal 15 mV, son los de la Tabla 5.

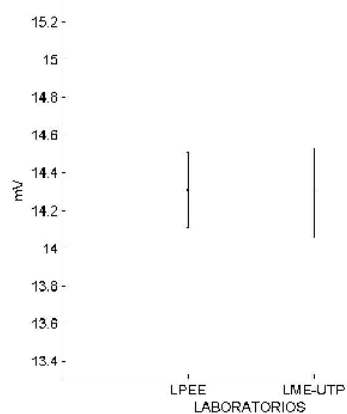
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 300 mV (100 kHz)			
Valor Nominal: 15 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
14,310	14,295	0,2	0,24

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,048014$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 300 mV y Valor Nominal 15 mV, son los de la Tabla 5.

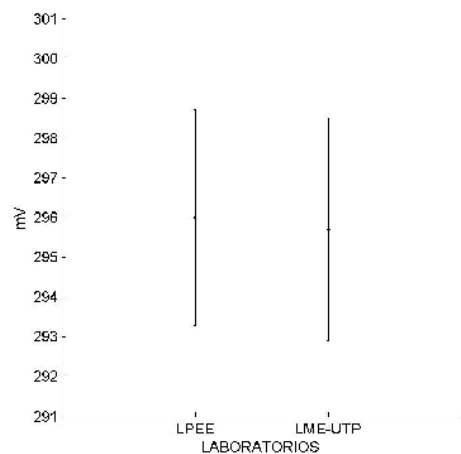
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 300 mV (100 kHz)			
Valor Nominal: 15 mV			
Xconf (mV)	Xref (mV)	Uconf (mV)	Uref (mV)
296,000	295,703	2,7	2,8

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,076355$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 3 V y Valor Nominal 3 V, son los de la Tabla 5.

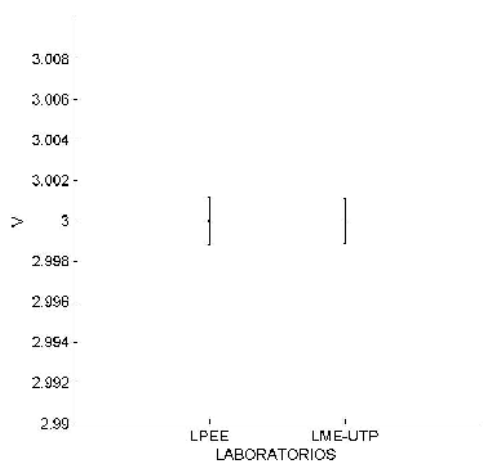
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 3 V (1 kHz)			
Valor Nominal: 3 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
3,000	3,000	0,0012	0,0011

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 30 V y Valor Nominal 30 V, son los de la Tabla 5.

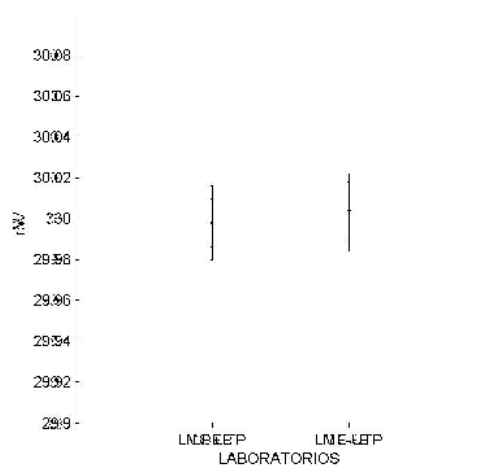
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 30 V (1 kHz)			
Valor Nominal: 30 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
29,998	30,004	0,012	0,014

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,3254$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 300 V y Valor Nominal 300 V, son los de la Tabla 5.

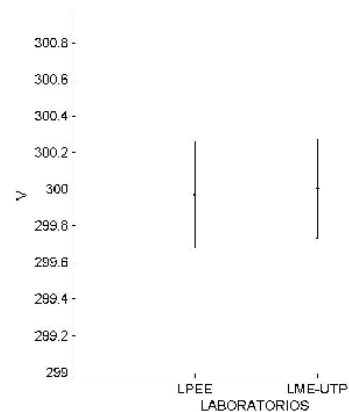
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 300 V (1 kHz)			
Valor Nominal: 300 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
299,970	300,003	0,29	0,27

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,083284$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función VOLTAJE AC en el Rango 750 V y Valor Nominal 750 V, son los de la Tabla 5.

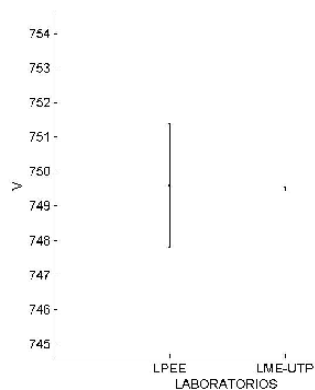
Función: VOLTAJE AC			
Rango: 750 V (1 kHz)			
Valor Nominal: 750 V			
Xconf (V)	Xref (V)	Uconf (V)	Uref (V)
749,600	749,500	1,8	0,057

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = 0,055528$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE DC en el Rango 30 mA y Valor Nominal 30 mA, son los de la Tabla 5.

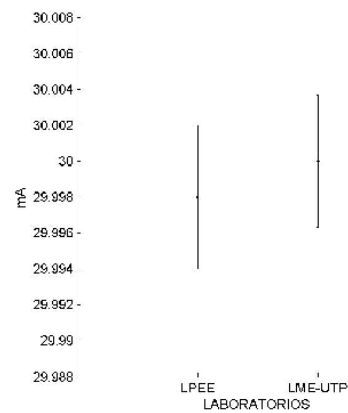
Función: CORRIENTE DC			
Rango: 30 mA			
Valor Nominal: 30 mA			
Xconf (mA)	Xref (mA)	Uconf (mA)	Uref (mA)
29,998	30,000	0,004	0,0037

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,36705$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE DC en el Rango 100 mA y Valor Nominal 100 mA, son los de la Tabla 5.

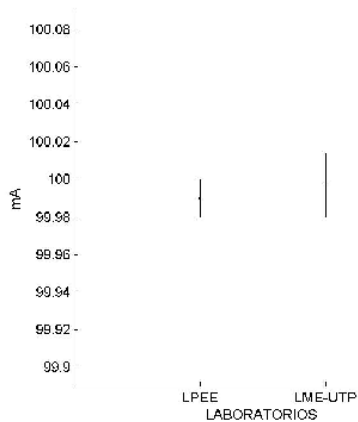
Función: CORRIENTE DC			
Rango: 100 mA			
Valor Nominal: 100 mA			
Xconf (mA)	Xref (mA)	Uconf (mA)	Uref (mA)
99,990	99,997	0,01	0,017

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,35491$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE DC en el Rango 10 A y Valor Nominal 10 A, son los de la Tabla 5.

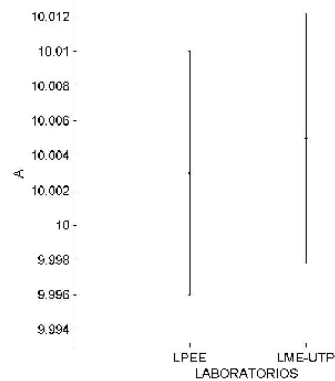
Función: CORRIENTE DC			
Rango: 10 A			
Valor Nominal: 10 A			
Xconf (A)	Xref (A)	Uconf (A)	Uref (A)
10,003	10,005	0,007	0,0072

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,19917$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE AC en el Rango 30 mA y Valor Nominal 30 mA, son los de la Tabla 5.

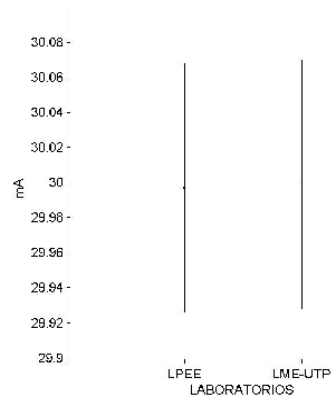
Función: CORRIENTE AC			
Rango: 30 mA (1 kHz)			
Valor Nominal: 30 mA			
X _{conf} (mA)	X _{ref} (mA)	U _{conf} (mA)	U _{ref} (mA)
29,997	29,999	0,071	0,071

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$E_n = -0,019919$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE AC en el Rango 100 mA y Valor Nominal 100 mA, son los de la Tabla 5.

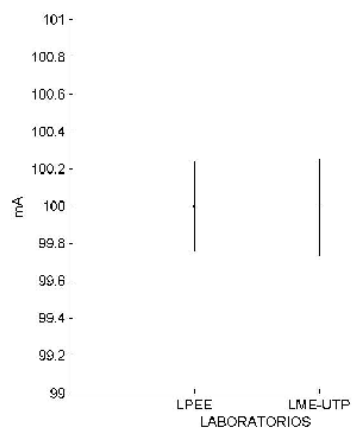
Función: CORRIENTE AC			
Rango: 100 mA (1 kHz)			
Valor Nominal: 100 mA			
X _{conf} (mA)	X _{ref} (mA)	U _{conf} (mA)	U _{ref} (mA)
100,000	99,993	0,240	0,260

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = 0,019783$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

DATOS DE LA INTERCOMPARACIÓN:

Los datos obtenidos de la intercomparación para la Función CORRIENTE AC en el Rango 10 A y Valor Nominal 10 A, son los de la Tabla 5.

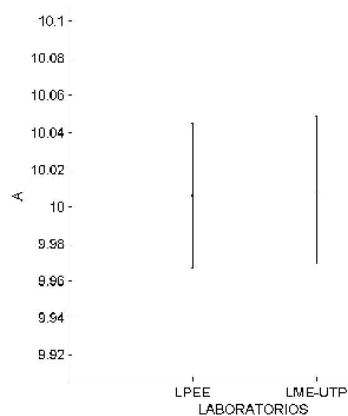
Función: CORRIENTE AC			
Rango: 10 A (1 kHz)			
Valor Nominal: 10 A			
Xconf (A)	Xref (A)	Uconf (A)	Uref (A)
10,006	10,009	0,0390	0,04

Tabla 5: Datos de la Intercomparación

Al calcular el error normalizado, se tiene que:

$$En = -0,0537$$

La gráfica de Intercomparación es la siguiente:



El resultado de la comparación entre laboratorios fue favorable ya que el resultado sobre el criterio del error normalizado cumplió con el límite establecido (entre -1 y 1).

Capítulo V

CONCLUSIONES

En la actualidad el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP tiene diseñados todos sus procedimientos con base en la Norma Técnica Colombiana ISO NTC 17025 [5] y la elaboración de sus reportes se hace de forma manual asistida medianamente por el computador lo cual hace que dicha actividad se vuelva dispendiosa y se preste para cometer errores en los cálculos y en la transcripción de los datos.

La idea de este trabajo de grado surgió del Director del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP con el afán de mejorar la efectividad y confiabilidad de todos los procedimientos realizados dentro del laboratorio, además de la necesidad de sistematizar todos los procedimientos concernientes al Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones para proporcionar mayor rapidez y eficacia en la realización de los reportes.

Con el programa diseñado en este proyecto cuyo nombre es *ASECALMET* se puede llegar a agilizar todo el proceso del aseguramiento de la calidad de una manera fácil y confiable implementando dentro del laboratorio algunos programas adicionales a los que ya tiene y capacitando al personal encargado de llevar a cabo esta tarea en el manejo del software y de la base de datos creada para almacenar toda la información.

El *ASECALMET* es un programa que a pesar de estar diseñado específicamente para el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la UTP, abre las puertas para posibles trabajos en cuanto a su mejora y extensión a cualquier tipo de proceso en donde se realicen procedimientos para garantizar la calidad de las mediciones. Además es un aporte significativo a la tecnología puesto que simplifica y agiliza la elaboración de los reportes de todos los procedimientos antes mencionados.

Uno de los inconvenientes encontrados durante el desarrollo de este trabajo fue la falta de información con respecto al tema del aseguramiento de la calidad de las medidas que existe en la actualidad lo cual hizo que la tarea de profundizar en este tema fuera muy extensa y complicada, además de crear conciencia con respecto a la necesidad de investigar más que todo en lo que se refiere a la metrología ya que lo más probable es que en el futuro se implementen normas que exijan la calidad de los productos y servicios dentro de las empresas y las organizaciones productivas.

En la parte de la programación fue necesario pensar en el software bajo el cual se haría la aplicación, ya que no se deberían incrementar los gastos del laboratorio con la compra de nuevos paquetes de software y licencias, por tal motivo, el *ASECALMET* se desarrolló bajo la plataforma del Matlab el cual es un programa muy amigable en la programación, además de estar muy bien documentado y que la universidad cuenta con todas sus licencias. En cuanto a los otros programas utilizados dentro del diseño del *ASECALMET* como el EasyPhp, MySQL, PHP, Apache y phpMyAdmin todos son de libre utilización.

Los procedimientos que realiza el *ASECALMET* para el aseguramiento de la calidad de las mediciones son tres: El seguimiento estadístico utilizando cartas de control, el estudio de repetibilidad y reproducibilidad y la comparación entre laboratorios. Cada uno de estos procedimientos, constan de dos fases: la primera fase es el ingreso de los datos y la segunda es la elaboración de cada reporte.

Para el caso del procedimiento del seguimiento estadístico, el programa tiene la opción de mostrar en una ventana las gráficas de las cartas de control con el fin de que el usuario pueda ir observando el comportamiento de cada equipo patrón a medida que ingresa los datos sin necesidad de realizar el reporte el cual se realiza una vez al año, esta opción, facilita la detección de las posibles fallas que se puedan presentar dentro del proceso de medición para que una vez detectadas se puedan tomar las respectivas acciones correctivas.

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad r&R se puede hacer dentro del programa por medio de los dos métodos utilizados para este fin los cuales son: el método del Promedio y Rango y el método Anova. Debido a la poca información adquirida referente al método Anova, esta opción queda disponible para posibles mejoras en el futuro puesto que al comparar los resultados obtenidos utilizando este método con el método del Promedio y Rango se presentan diferencias importantes que dejan dudas con respecto a su confiabilidad. Por el momento y hasta que se pueda profundizar más en este tema, el método validado y aceptado para llevar a cabo este procedimiento sigue siendo el método del Promedio y Rango como lo hace en la actualidad el laboratorio.

Para el procedimiento de la comparación entre laboratorios, el programa aplica el criterio del error normalizado utilizando los datos de los dos laboratorios participantes en este estudio (laboratorio de referencia y laboratorio confrontado) y realiza la gráfica de intercomparación teniendo en cuenta el mejor estimado de cada laboratorio con su correspondiente incertidumbre, una buena manera de mejorar este procedimiento es realizando esta comparación con más de un laboratorio tal como se realiza en México que es uno de los países pioneros de la metrología en el mundo.

El *ASECALMET* no realiza un procedimiento para el cálculo de los intervalos de calibración, pero con base en las cartas de control se puede llevar un estricto control del comportamiento de cada uno de los patrones teniendo como base el equipo que se encuentra calibrado recientemente, para un futuro se puede diseñar dentro de este programa un nuevo procedimiento utilizando métodos de pronóstico y con esto poder minimizar al máximo los tiempos de recalibración de los equipos patrón garantizando que éstos se encuentren operando de forma correcta sin poner en riesgo la calidad de sus mediciones.

Para realizar la validación de todos los procedimientos que se pueden ejecutar con el *ASECALMET* se hizo una prueba de escritorio comparando los datos obtenidos por el laboratorio con los datos provenientes del programa y se pudo comprobar que los resultados obtenidos de las dos partes son consistentes lo cual implica que este nuevo software es una buena herramienta que puede ser implementada dentro del laboratorio para ahorrar tiempo y trabajo.

BIBLIOGRAFIA

[1] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1997. Norma Técnica Colombiana NTC ISO 2194: Vocabulario de términos básicos y generales en metrología. ICONTEC. Bogotá, Colombia. pp 33.

[2] Organización Internacional de Normalización. 1994. Norma Standard ISO 8402: Gestión de la calidad y aseguramiento de calidad. Vocabulario. ISO.

[3] Guía General para el Aseguramiento de la medida.

([www.itcl.es/ficheros/GUIA %20GENERAL.pdf](http://www.itcl.es/ficheros/GUIA%20GENERAL.pdf)).

[4] Super Intendencia de Industria y Comercio. Decreto 2269.

([www.sic.gov.co/Normatividad/Decretos/Decreto %202269-93.php](http://www.sic.gov.co/Normatividad/Decretos/Decreto%202269-93.php)).

Colombia. Septiembre de 1993.

[5] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2006. Norma Técnica Colombiana NTC ISO IEC 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. ICONTEC. Bogotá, Colombia. pp 34.

[6] Calidad, consecuencia del análisis de los datos.

(www.webspawner.com/users/programalineal/). Enrique Garza. Copyright © 2001.

[7] Orozco J, Fernando R. 1999. Control de Calidad. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. pp 230.

[8] Montgomery, Douglas. Control Estadístico de la Calidad. Limusa S.A. de C.V. pp 797.

[9] Metas.

(www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-04-06-Cartas-Control.pdf).

Junio 2004.

[10] Sociedad Latinoamericana para la Calidad.

(www.ongconcalidad.org/comporta.pdf).

Copyright © 2000.

- [11] Sipper, Daniel, Bulfin, Robert L. 1998. Planeación y Control de la Producción. McGraw Hill Companies INC. México. pp 657.
- [12] Schroeder, Roger. 1992. Administración de Operaciones: Toma de decisiones en la función de operadores. McGraw Hill Companies INC. México. pp 855.
- [13] Ingeniería UC.
(<http://servicio.cid.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a5n2/5-2-2.pdf>).
- Rivas C., Gerardo A. Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Carabobo. Bárbula. Valencia. Venezuela. Jefe de la comisión coordinadora.
- [14] Tecnológico de Monterrey.
(<http://academia.gda.itesm.mx/~mdeluna/control/ryrmetodo.pdf>).
- [15] Engineered Software, Inc.
(www.engineeredsoftware.com/papers/msa_rr.pdf).
Copyright 1999.
- [16] Bioestadística aplicada a Bioquímica y Farmacia.
(www.bioestadistica.freeservers.com/tema20.pdf).
- Azzimonti Renzo, JC.
- [17] Torres Guzmán J. C., Comparaciones de Patrones de Medición, IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara. Octubre 2000.
- [18] GUM: NMX-CH-140-IMNC-2001. Guía para estimar y expresar las incertidumbres de las mediciones, equivalente a Guide to the expression of Uncertainty, ISO-BIPM-OIML-IUPAP-IUPAC, 1995.
- [19] Nielsen, L. Report on Evaluation of measurement intercomparisons by method of least squares, DFM, 1999.
- [20] Universidad de Granada.
(www.ugr.es/~clinares/webfarm).
- Jiménez Linares, Carlos. Profesor Titular del Departamento de Química Analítica.
- [21] Natrella, M. Experimental Statistics, NBS Handbook 9 (1963) pp. 17-1.
- [22] Lewis, G. What is Software Engineering? DataPro (4015), USA, 1994.
- [23] Enciclopedia web libre en español.

- (<http://es.wikipedia.org>).
- [24] UP to DOWN.
(<http://easyphp.uptodown.com/>).
- [25] Desarrollo Web.
(<http://www.desarrolloweb.com/articulos/2458.php>).
- [26] Mendoza V, Jairo A. Software para la Calibración de un Laboratorio de Metrología. Tesis de Grado, Colombia, 2006.
- [27] SQL: Lenguaje de Manipulación de Datos.
(<http://kataix.umag.cl/~mmarin/bdr/sql/cap2.html>).
- [28] Comunidad de Programadores.
(<http://www.lawebdelprogramador.com/cursos/>).
- Barragán G, Diego O. Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab. Ecuador.
- [29] MozillaFireFox.
(<http://www.difundefirefox.com/descargar-mozilla-firefox>).
- [30] LMVE Universidad Tecnológica de Pereira. Procedimientos Internos para el Aseguramiento de la Calidad en los Resultados de Calibración - Ensayo. Pereira, 2006.
- [31] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2005 Norma Técnica Colombiana NTC ISO IEC 17799: Código de Buenas Prácticas para la Gestión de la Seguridad de la Información. ICONTEC. Bogotá, Colombia.
- [32] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2005 Norma Técnica Colombiana NTC ISO IEC 17799: Normas Técnicas sobre Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI). ICONTEC. Bogotá, Colombia.

Apéndice A

CONSTANTES

1. Constantes utilizadas en Cartas de Control

n	Gráficas x				Gráficas s				Gráficas R					
	A	A_2	A_3	C_4	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	0	3,267	0	2,606	1,128	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	0	2,568	0	2,276	1,693	0,888	0	4,358	0	2,574
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	0	2,266	0	2,088	2,059	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	0	2,089	0	1,964	2,326	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9690	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

Cuadro 42: Constantes para Cartas de Control

2. Valores de la Constante d_2 para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

Z	W														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1,41	1,91	2,24	2,48	2,67	2,83	2,96	3,08	3,18	3,27	3,35	3,42	3,49	3,55	
2	1,28	1,81	2,15	2,40	2,60	2,77	2,91	3,02	3,13	3,22	3,30	3,38	3,45	3,51	
3	1,23	1,77	2,12	2,38	2,58	2,75	2,89	3,01	3,11	3,21	3,29	3,37	3,43	3,50	
4	1,21	1,75	2,11	2,37	2,57	2,74	2,88	3,00	3,10	3,20	3,28	3,36	3,43	3,49	
5	1,19	1,74	2,10	2,36	2,56	2,78	2,87	2,99	3,10	3,19	3,28	3,36	3,42	3,49	
6	1,18	1,73	2,09	2,35	2,56	2,73	2,87	2,99	3,10	3,19	3,27	3,35	3,42	3,49	
7	1,17	1,73	2,09	2,35	2,55	2,72	2,87	2,99	3,10	3,19	3,27	3,35	3,42	3,48	
8	1,17	1,72	2,08	2,35	2,55	2,72	2,87	2,98	3,09	3,19	3,27	3,35	3,42	3,48	
9	1,16	1,72	2,08	2,34	2,55	2,72	2,86	2,98	3,09	3,19	3,27	3,35	3,42	3,48	
10	1,16	1,72	2,08	2,34	2,55	2,72	2,86	2,98	3,09	3,18	3,27	3,34	3,42	3,48	
11	1,15	1,71	2,08	2,34	2,55	2,72	2,86	2,98	3,09	3,18	3,27	3,34	3,41	3,48	
12	1,15	1,71	2,07	2,34	2,55	2,72	2,85	2,98	3,09	3,18	3,27	3,34	3,41	3,48	
13	1,15	1,71	2,07	2,34	2,55	2,71	2,85	2,98	3,09	3,18	3,27	3,34	3,41	3,48	
14	1,15	1,71	2,07	2,34	2,54	2,71	2,85	2,98	3,09	3,18	3,27	3,34	3,41	3,48	
15	1,15	1,71	2,07	2,34	2,54	2,71	2,85	2,98	3,08	3,18	3,26	3,34	3,41	3,48	
>15	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,97	3,078	3,173	3,258	3,336	3,407	3,472	

Cuadro 43: Valores de d_2 para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

3. Tabla de Distribución t de Student

Grados de Libertad v	Nivel de Confianza p			
	0,9	0,95	0,99	0,999
1	6,314	12,706	63,657	636,19
2	2,920	4,303	9,925	31,598
3	2,353	3,182	5,841	12,941
4	2,132	2,776	4,604	8,610
5	2,015	2,571	4,032	6,859
6	1,943	2,447	3,707	5,959
7	1,895	2,365	3,499	5,405
8	1,860	2,306	3,355	5,041
9	1,833	2,262	3,250	4,781
10	1,812	2,228	3,169	4,587
11	1,796	2,201	3,106	4,437
12	1,782	2,179	3,055	4,318
13	1,771	2,160	3,012	4,221
14	1,761	2,145	2,977	4,140
15	1,753	2,131	2,947	4,073
16	1,746	2,120	2,921	4,015
17	1,740	2,11	2,898	3,965
18	1,734	2,101	2,878	3,922
19	1,729	2,093	2,861	3,883
20	1,725	2,086	2,845	3,850
21	1,721	2,080	2,831	3,819
22	1,717	2,074	2,819	3,792
23	1,714	2,069	2,807	3,767
24	1,711	2,064	2,797	3,745
25	1,708	2,060	2,787	3,725
26	1,706	2,056	2,779	3,707
27	1,703	2,052	2,771	3,690
28	1,701	2,048	2,763	3,674

Cuadro 44: Tabla de Distribución t de Student

4. Valores de la Variable Q de Dixon

N	Nivel de Confianza p				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995
3	0,396	0,941	0,976	0,988	0,994
4	0,679	0,765	0,846	0,889	0,926
5	0,567	0,642	0,729	0,780	0,821
6	0,482	0,560	0,644	0,698	0,740
7	0,434	0,507	0,586	0,637	0,680
8	0,399	0,468	0,543	0,590	0,634
9	0,370	0,437	0,510	0,555	0,598
10	0,349	0,412	0,483	0,527	0,568
11	0,332	0,392	0,460	0,502	0,542
12	0,318	0,376	0,441	0,482	0,522
13	0,305	0,361	0,425	0,465	0,503
14	0,294	0,349	0,411	0,450	0,488
15	0,285	0,338	0,399	0,438	0,475
16	0,277	0,329	0,388	0,426	0,463
18	0,265	0,313	0,370	0,407	0,442
20	0,252	0,300	0,356	0,391	0,425
25	0,230	0,277	0,329	0,362	0,393
30	0,215	0,260	0,309	0,341	0,372

Cuadro 45: Tabla para el Criterio Q de Dixon

Apéndice B

FORMATOS

1. Formato para realizar el Seguimiento Estadístico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA				
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS				
Datos del Seguimiento Estadístico				
Función:				
Rango Instrumento (FLUKE 5500A)	Valor Nominal (FLUKE 5500A)	Lecturas Equipo Correspondiente FECHA (AAAA-MM-DD)		

Cuadro 46: Formato para el Seguimiento Estadístico

2. Formato para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA														
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS														
Datos para el Estudio r&R														
Fecha:		No. Operadores:			No. Ensayos:			No. Equipos Ensayados:						
Operador 1:					Operador 2:					Operador 3:				
Equipo 1:					Equipo 2:					Equipo 3:				
Función:					Rango Instrumento:					Valor:				
Operador 1					Operador 2					Operador 3				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Cuadro 47: Formato para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

3. Formato para realizar la Comparación entre Laboratorios

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA				
LABORATORIO DE METROLOGÍA - VARIABLES ELÉCTRICAS				
Comparación entre Laboratorios				
Datos Generales				
Fecha:	Laboratorio Referencia:		Laboratorio Confrontado:	
Instrumento Viajero:	Patrón Referencia:		Patrón Confrontado:	
Serie:	Serie:		Serie:	
Datos de las Condiciones Ambientales				
Laboratorio Referencia		Laboratorio Confrontado		
Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		
Humedad Relativa (%)		Humedad Relativa (%)		
Datos del Calendario				
Fecha	Lugar de Calibración		Número Certificado	
Datos de la Trazabilidad				
Laboratorio	Equipo Empleado	Serie	Certificado No.	Fecha
Datos de Intercomparación				
Función:	Rango:	Valor Nominal (Frecuencia):		
Laboratorio Referencia		Laboratorio Confrontado		
Ai	Ue	Ai		Ue

Cuadro 48: Formato para el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad